CHIMICA
PAULETTI.R

LA CHIMICA NEL SECOLO XIX.

Non è cosa facile riassumere in poche pagine tutti i progressi fatti dalla chimica nel campo teorico e in quello pratico durante un secolo, perchè in quel secolo si riassume tutta la storia di questa scienza che tanto ha contribuito al progresso e alla civiltà.

Dovendo quindi esser conciso in questo riassunto, e non essendo possibile classificare l'immenso materiale che bisognerebbe trattare, mi parve più conveniente per abbreviare il lavoro, di dividerlo in tre parti ben distinte e relativamente indipendenti.

I lettori troveranno più interessante l'una o l'altra, a seconda del punto di vista da cui si metteranno nel giudicarle. È certo che sarebbe riuscito un vero ingombro per tutti, se quelle tre parti fossero state fuse e confuse in una sola.

Ho creduto bene dunque nella prima parte dare *uno sguardo al passato*, per vedere cos'era la chimica prima del secolo XIX. Nella II^a^ parte ho riassunto le leggi fondamentali e più importanti della chimica moderna, che se non potrà interessare tutti i lettori, non è indispensabile per la chiarezza del seguito, che costituisce la III parte, la più importante, perchè fa la storia delle principali applicazioni della Chimica nel secolo XIX.

I.

Uno sguardo al passato.

Il pensiero, questa energia miracolosa che si sprigiona da una massa di materia animale, ci appare — attraverso i trionfi della scienza — come una forza misteriosa, magica creatrice di opere grandi, ed impulso meraviglioso di progresso e di civiltà.

Studiare tutto e tutto analizzare, scandagliare misteri, affrontare problemi, sciogliere enigmi, formulare una risposta alle infinite domande che suscitano

in noi le svariate sensazioni della vita, è l'alta missione del pensiero, ed è motivo di lotta per la perfezione umana.

E tutta la storia della scienza è come un colossale edificio, cui civiltà intere hanno portato pietre, e su cui l'Umanità è andata man mano sviluppandosi ed elevandosi.

Così noi vediamo la scienza passare, al pari di fatidica Iddia, attraverso ai secoli, in una marcia che diventa trionfale, senza mai sostare, superando ostacoli e pericoli, vincendo aspre battaglie contro la tirannide dell'errore e dell'ignoranza, apportando sempre utilità, benessere e gloria.

Civiltà, imperi, leggi, costumi e religioni possono scomparire e inabissarsi, ma la scienza resiste ad ogni travolgere di tempo e di fortuna, e procede acquistando sempre, nell'evolversi dei tempi, nuove forze e nuove virtù.

Infatti: caddero le antichissime civiltà dell'India, della Persia e dell'Egitto; ma non perì con esse l' antica loro sapienza, che fu tramandata fino a noi, come poesia grave e suggestiva di quell'Oriente di cui le cento leggende fantastiche e strane ci fanno sognare.

Tanti e tanti secoli passarono, e però consacrarono al mondo la storia di quei popoli immaginosi e fervidi di intelletto, custodi gelosissimi di bellezze meravigliose, di quei popoli che — primi — scrutarono negli alti ed affascinanti misteri della natura, ed hanno diritto di essere chiamati i precursori della *scienza*.

*
* *

Volgendo lo sguardo al passato, si resta quasi sgomenti davanti al quadro grandioso che la storia ci addita; quadro in cui la mente dell'uomo figura come colossale fattore di opere prodigiose.

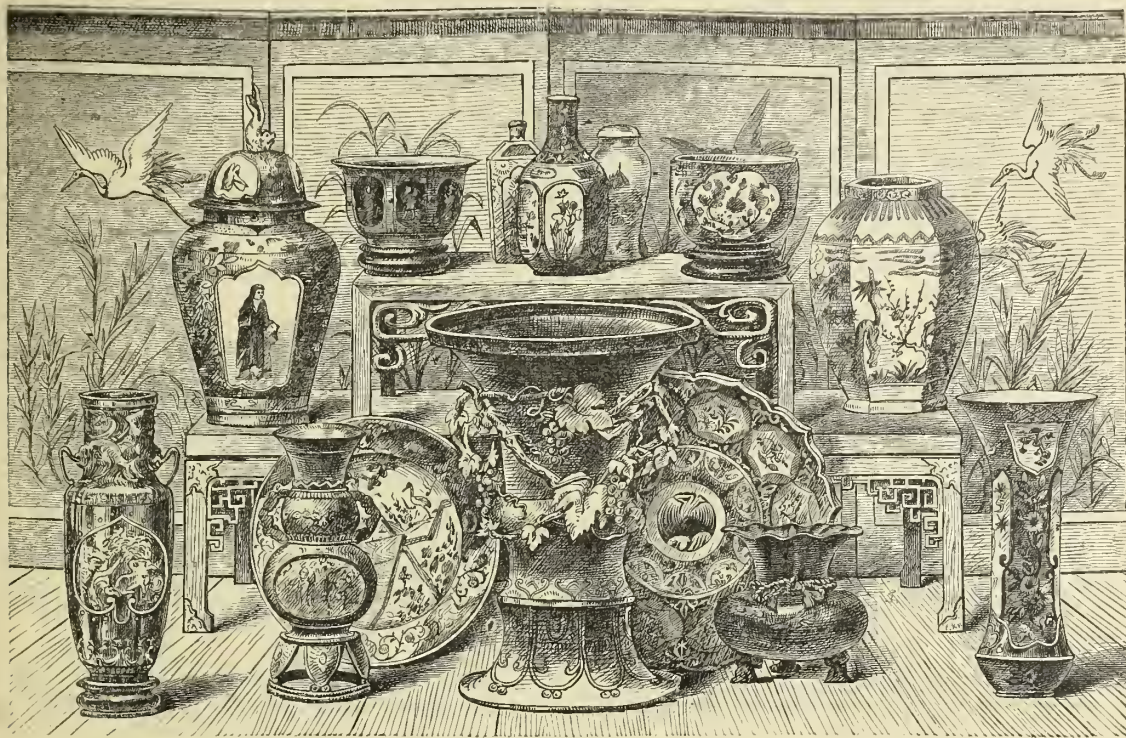
Risaliamo i secoli: ad ogni passo un bagliore ci affascina: È una Verità scoperta dalla scienza che come faro rischiara tutta un'età!

Risaliamo i secoli. Quando in Europa imperava la barbarie, in Oriente irraggiava la luce più vivida del pensiero umano.

Noi occidentali, nella nostra presunzione di popoli che hanno il merito d'una rapida evoluzione, e d'una recente, ma salda civiltà, tronfi dei nostri uomini celebri che segnarono epoche radiose nelle arti e nelle lettere, superbi delle loro glorie, ci sentiamo un po' umiliati quando dobbiamo constatare che, mentre noi, compresi della grandezza di tanti nostri sommi, eleviamo incensi, poemi e monumenti ad essi, come creatori di mirabili opere, circa 3000 anni prima, l'uomo mongolo era già maestro nelle stesse arti e fattore di eguali opere.

Noi rimaniamo estatici davanti ai lavori di Michelangelo, alle sue artistiche riproduzioni in pittura ed in plastica delle bellezze naturali della vita, ma un senso di ben maggiore ammirazione ci afferra quando vediamo opere non meno grandi e non meno pregevoli, appartenere ai tempi remotissimi della civiltà cinese, quando pel mondo ogni senso d'arte e d'estetica taceva ignorato. Dall'Oriente dunque, così suggestivo di leggende, ci vengono le tradizioni che parlano di antica sapienza; ed è in questo Oriente che la storia rintraccia l'origine della chimica. Sono quei popoli immaginosi e bizzarri, che nella visione sfolgorante d'una natura splendida, ebbero primi l'intuizione

della grande possanza che sta racchiusa nelle cose, e che li spinse poi allo studio minuto e profondo di esse.

Dello studio della natura essi conobbero tutta l'intima nobiltà e le grandi soddisfazioni, e ne subirono la seduzione preziosa non solo, ma ne fecero la base della loro filosofia, semplice e profondamente umana. Ce lo prova *Confuzio*, questo filosofo di fama universale, che fu il fondatore della religione della Cina, la quale fu ispirata da positive deduzioni dello studio della natura, in cui palpitano tutti i fervori del Vero, tutti i grandiosi misteri della Vita, tutti i fascini superbi dell'Immenso e dell'Inconoscibile. Egli stabiliva per principio fondamentale della sua dottrina, la *Materia;* non conosceva altro spirito che il vario modo di essere della Materia; la sua religione consisteva nell'ono-

Una raccolta di vasi cinesi.

rare la terra, gli astri, i fiumi, le montagne da cui l'Umanità trae vantaggio e benessere. Per Confuzio insomma e per la sua filosofia, che ebbe poi largo seguito in tutta la Cina, il concetto della forza e della potenza è strettamente unito all'universo materiale. Ed è sulla base dello studio dei fenomeni naturali che sorgono le arti e le industrie nella Cina, che esercitò poi una grande influenza sul progresso degli altri paesi.

Fra le molte industrie che divennero fonti di ricchezza e di risorgimento sociale e furono poi esportate dalla Cina, si nota l'industria della seta, che mentre da noi data dal secolo III dell'êra nostra, presso i cinesi era conosciutissima 2200 anni a. C. e passò nel Giappone solo 150 a. C. importatavi dalla figlia d'un imperatore chinese. L'allevamento del baco da seta in Italia è cominciato soltanto 600 anni d. C.

Roma, la città imperiale del patriziato, che si tuffa nel gran mare della

più sfrenata corruzione e della pompa più clamorosa, attinge a piene mani nei tesori delle industrie orientali! Ed a Roma affluiscono a fiumi d'oro le produzioni più artistiche e preziose del mondo. Tutto ciò che l' intelletto e il lavoro producono di bello, di smagliante, di squisito, finisce a Roma, la città potente ed effeminata, dalle raffinatezze sibaritiche, e dallo sfarzo più fantastico e pazzesco.

Ed è a Roma che si sfoggiano come primizie d'altissimo valore, le stoffe di seta, dagli armonici colori, importate indirettamente dalla Cina.

L'industria della carta risale pure ai cinesi che ne erano esperti fabbricatori. In Europa solo 1200 anni d. C. comincia ad essere conosciuta tale industria, mentre oltre un secolo a. C., in Cina *Tsai-lun* insegnava a fabbricare la carta con stracci di seta e di lino, e 300 anni a. C. si faceva già la carta con fibre di canape e di bambù (1).

Molti problemi poi che affaticarono tanti nostri insigni scienziati in questi tempi moderni, erano già stati risolti secoli e secoli prima dai cinesi. La composizione dell'acqua per esempio, la cui scoperta venne fatta solo nel 1781 da *Cavendish*, era nota ai cinesi molto tempo in addietro. Essi ne conoscevano poi assai bene l'importanza igienica e furono essi, ancora in epoche storiche più remote, ad ottenere l'acqua pura dal sottosuolo, perforando numerosi di quei pozzi, che vennero poi detti artesiani. Ciò non è senza un merito, quando si pensa che ancor oggi da noi l'acqua potabile difetta in molte città e in moltissimi villaggi.

Nell'arte di fondere i metalli, i cinesi erano dei veri maestri. Nel museo imperiale di Pekino si trovano infatti molti di quei tesori che risalgono ai tempi della dinastia di *Schang* (1766 a C.), che testificano della straordinaria abilità di quegli antichi lavoratori del cesello e dell'incisione, purchè i signori civilizzatori della moderna Europa, nella recente vandalica invasione nella città del cielo, non abbiano fatto man bassa anche su quei preziosi residui storici, testificanti un'êra di civiltà e progresso.

In quasi tutti i rami dell'industria, dell'agricoltura, dell'arte e della scienza la Cina precorse i tempi. Flavio Gioia scoprì la bussola verso il 1300; ma in libri cinesi dell'anno 121 dell'êra nostra, si trova la descrizione minuta e i disegni di questo strumento.

La lavorazione della porcellana, che in Europa data dal secolo XVIII, in Cina era conosciuta da oltre 10 secoli. Così pure antichissima vi era la lavorazione del legno, delle pelli, delle vernici, della polvere, ecc.

E questo popolo, che per priorità di studi e di scoperte, può dirsi il padre di tutte le civiltà diffuse pel mondo, questo popolo oggi ci appare come un grande astro che non ha più raggi nè fulgori di vita.

Questo popolo ricorda la sua *età dell' oro* svanita ormai nella immensa notte della sua storia nazionale. La civiltà cinese si spense o s'arrestò per cause molteplici che i filosofi della storia hanno riscontrate anche nel decadimento di altre civiltà presso altri popoli.

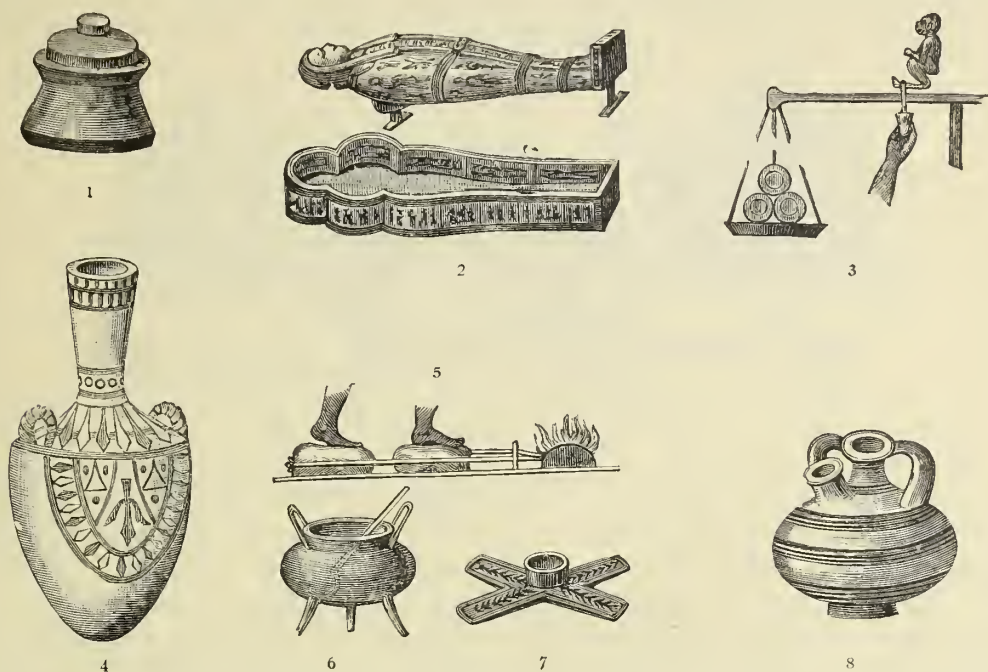
(1) A questo proposito ecco un fatto che viene a confermare questa verità: alcuni anni or sono l'ufficio imperiale dei brevetti di Berlino, respinse la richiesta di un brevetto per la lavorazione di una fibra — specie di bambù — da utilizzarsi nella fabbricazione della carta, motivando il rifiuto col dire che tale scoperta non era nuova, ma si riferiva ancora all'antichissimo procedimento in uso presso i cinesi.

*
* *

Anche l'Egitto, quasi contemporaneamente alla Cina, segna nella storia un'epoca sua gloriosa e civile.

L'Egitto, che non fu chiuso come la Cina alle influenze straniere, fu in istretti rapporti con le più antiche civiltà greche ed arabe, e nell'arte sua e nella sua scienza fu palese l'influenza loro.

Si dice che esso fosse considerato come l'Emporio tra l'Europa, l'Asia e l'Africa interna, per la felice sua situazione e per lo sviluppo del suo commercio e della sua industria.

Veramente manca il documento propriamente detto che parli di questo

Vasi ed utensili egiziani: 1-6. Utensili casalinghi — 2. Mummia di persona ragguardevole — 3. Bilancia — 4. Scatola da belletto — 5. Forno a mantice — 7. Vaso in forma di croce che serviva da lampada — 8. Otre.

interessante passato; ma ne parlano però con pari eloquenza i residui di vetusti monumenti lasciati dai suoi re, i papiri trovati nelle tombe di questi, e le varie scoperte della moderna archeologia, che scavando, sa mirabilmente costrurre e risuscitare epoche remote e morte vicende.

È nella storia della civiltà egiziana che noi rintracciamo le origini sul nome della chimica. Si dice infatti che il nome stesso di *chimica* sia forse derivato dal nome *Chemia*, con cui veniva chiamata la regione egiziana, in causa del color nerastro della sua terra.

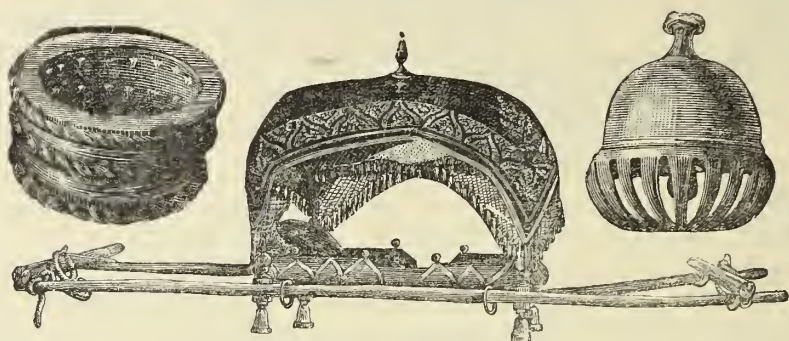
Furono i Greci ed i Romani a far conoscere all'Europa le prime cognizioni di chimica, provenienti dall'Egitto, ed è probabile si definisse Chimica questa scienza che proveniva dal paese degli egiziani.

È un fatto però che a Roma, 300 anni d. C., si conosceva questa parola e lo prova Diocleziano che si faceva un vanto di aver fatto bruciare i libri degli egizi che parlavano della chimica dell'argento e dell'oro.

Presso gli egiziani la chimica veniva considerata come arte sacra, accessibile ai soli eletti, i quali ne divenivano i sacerdoti.

I laboratori chimici erano considerati come templi, e circondati dalla venerazione di tutti.

Il centro dell'attività scientifica egiziana si trovava in Alessandria, che dopo Roma era la città più importante del mondo. Aveva una biblioteca ricchissima di oltre 700.000 volumi che andarono completamente distrutti 640 anni d. C. durante l'invasione degli Arabi. Così le imprese guerresche oltre essere terribilmente nefaste perchè portano la desolazione e la morte ove rigogliosa fiorisce la vita, segnano rovina e distruzione ove il fecondo lavoro vuole accelerato lo svolgersi del progresso e della civiltà.

Gli egiziani conoscevano perfettamente l'azione decomponente dell'aria sulle sostanze organiche e ne combattevano la deleteria influenza — in omaggio

Portantina e altri oggetti della civiltà indiana.

ad un sentimento di pietà e di rispetto — per sottrarre i propri morti alle temute leggi della putrefazione; e tutti sanno come le mummie d'Egitto si siano conservate attraverso la lunga notte dei secoli, insino a noi. Ed anche nella vita pratica gli egizi applicavano dei precetti razionali ed ingegnosi; così mentre fino ad allora si era usata, come bevanda, l'acqua di fonte e di cisterna, che facilmente si inquinava, essi, per i primi, scavarono dei pozzi in muratura sul tipo di quelli che ancor oggi troviamo nelle case di molte nostre città e in tutte quelle dei nostri villaggi, per prendere l'acqua più pura del sottosuolo.

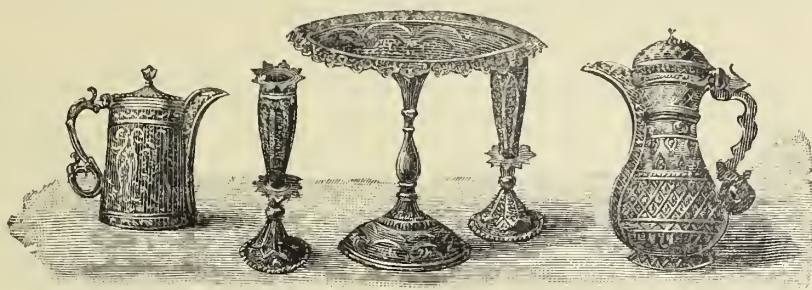
Fino a 200 anni a. C. essi conoscevano diverse leghe di metalli e la loro lavorazione; conoscevano le combinazioni dei colori e l'arte del dipingere; ad essi era nota l'efficacia dei prodotti antisettici per cui preparare molte sostanze farmaceutiche.

Conoscevano assai bene la lavorazione del vetro, e molti apparati di vetro per laboratorio prendono origine dagli egizi. Essi avevano una cognizione estesa sulla proprietà e gli usi della potassa, dell'allume e del nitro: così pure sapevano lavorare e utilizzare molti metalli come il ferro, il rame lo stagno, il piombo, l'oro e l'argento.

*
* *

Interessantissima a studiarsi, e certo molto istruttiva, sarebbe quell'altra civiltà orientale, la cui storia è più ignorata: la *civiltà indiana*, che pure si

dice vantasse mirabili opere nelle arti e nelle scienze. Ma dell'India mancano si può dire totalmente i documenti che gettino un po' di luce nelle fitte ombre del suo lontano passato, e servano a distinguere la verità da ciò che è leggenda. Pure, ricostruendo pazientemente indizi vaghi ed isolati, qualcosa si può intravvedere, e si è indotti a far risalire tanti fatti, attribuiti erroneamente ad altre epoche e ad altri paesi, alla civiltà indiana che sarebbe stata come l'anello di unione fra quelle cinese ed egiziana colla civiltà greca. Pare intanto — e per onestà storica è giusto rilevarlo — che gli stessi concetti fondamentali sull'essenza della natura, attribuiti generalmente ai primi filosofi greci, abbiano origine dall'India.

Infatti, in alcuni scritti indiani si sostiene che la natura è composta di 4 elementi: *l'acqua, la terra, il vento, e il fuoco*, e dalla loro varia unione

Anfore, coppe e bicchieri della antica civiltà indiana.

risultano poi gli svariati aspetti delle cose esistenti. A questi quattro elementi ne venne aggiunto un quinto — *l'etere* — si crede dai filosofi della setta Djainas. Budda poi ne introdusse un sesto — *la coscienza* — come componente della natura.

*
* *

Nella civiltà greca, 600 anni a. C. troviamo che *Talete* — uno dei sette savi — ammetteva tutto l'intero universo derivante da un'unica materia prima: l'*acqua*. Subito dopo *Anassimene* riteneva come materia prima l'*aria*, dotata di movimento infinito. *Eraclito* in seguito pretendeva dimostrare che tutta la natura era originata dal *fuoco;* ed infine *Anassagora* sosteneva che la natura era costituita da una materia *unica e continua, ininterrotta*, divisibile all'infinito senza alcun intermezzo (ipotesi dell'*omeomeria*) e non dotata di movimento proprio, ma trasfuso in esso da una volontà sopraterrena. Di qui si vede la stretta analogia che c'è fra la filosofia degli indiani e quella dei greci, la quale fa sospettare un'unica origine.

Ma nella storia della civiltà greca si assiste ad un brillante caleidoscopio di nomi illustri, di filosofi celebri, che lasciarono nella storia imperitura memoria delle loro geniali concezioni.

Prima di tutti merita di essere ricordato *Leucippo* (430 anni a. C.) allievo di *Pitagora* e di *Zenone* che, stanco dei sofismi e della filosofia arida ed oscura dei maestri, s'era dato allo studio dei fenomeni naturali. Facendo astrazione da ogni idea preconcetta, riuscì a convincersi che l'universo è infinito, e la parte piena, ponderale di esso, è costituita da particelle finissime, *atomi* im-

percettibili, materiali, che hanno una determinata forma, variante da sostanza a sostanza; questa infinità di atomi muoventisi nel vuoto si urtano continuamente, e accidentalmente i simili si uniscono ai simili, formando gli svariati corpi del mondo materiale.

Ed ecco che si delinea il primo e preciso concetto dell' ipotesi atomica, che dopo Leucippo rimase sepolta per circa 24 secoli, e fu ripresa da Dalton nel 1800 per crearne il fondamento di tutta la chimica moderna.

Dopo la morte di *Leucippo*, *Democrito* suo allievo (400 a. C.), che tante memorie lasciò nella storia della filosofia, continuò la tradizione del maestro propugnando le stesse opinioni sulla essenza della natura.

Egli ammetteva gli atomi dotati di movimento continuo, non differenti nella sostanza, bensì nella forma, per cui si generavano le diversità nei corpi e però per sè stessi non rivelavano alcuna qualità, non erano cioè nè bianchi nè neri, nè freddi nè caldi.

Quest' ipotesi, veramente geniale, trovò altri pochi sostenitori, fra cui *Epicuro* (350 a. C.) e *Lucrezio* (90 a. C.) seguaci di Democrito, ma poi essa fu obliata per secoli e secoli.

Empedocle, un filosofo siciliano d'Agrigente, che però visse e morì in Grecia circa 350 anni a. C. e che univa un ingegno ferace al più sfacciato ciarlatanismo, sostenne egli pure l'ipotesi atomistica come base dei fenomeni naturali, ma diceva che la materia si manifesta a noi in quattro elementi fondamentali — e tale sua enunciazione non era altro che un plagio dell' analoga concezione degli indiani — e cioè l'acqua, l'aria, il fuoco e la terra. Questa resurrezione delle vecchie concezioni indiane incontrò fortuna per lunghi secoli e fece dimenticare completamente la geniale ipotesi atomistica di *Leucippo* e di *Democrito*.

Aristotele, allievo di Platone, al quale molti storiografi attribuiscono erroneamente la paternità dell'ipotesi di Empedocle, benchè fosse veramente geniale nella filosofia astratta, aumentò il confusionismo del suo inspiratore, sostituendo ai quattro elementi di Empedocle quattro essenze della natura, cioè: il *caldo*, il *freddo*, il *secco* e *l'umido*. Secondo tale suo concetto l'aria era costituita dal caldo e dall'umido, la terra dall'umido e dal secco, il fuoco dal caldo e dal secco, ecc.

E però per spiegare tutti i fenomeni della natura trovò che quei quattro elementi non bastavano e immaginò un' altra essenza che chiamò la *quinta essenza*, che però era immateriale, di natura eterea, quasi spirituale e diffusa in tutto l'universo; con essa si spiegavano anche i problemi dalla natura più difficili e più oscuri.

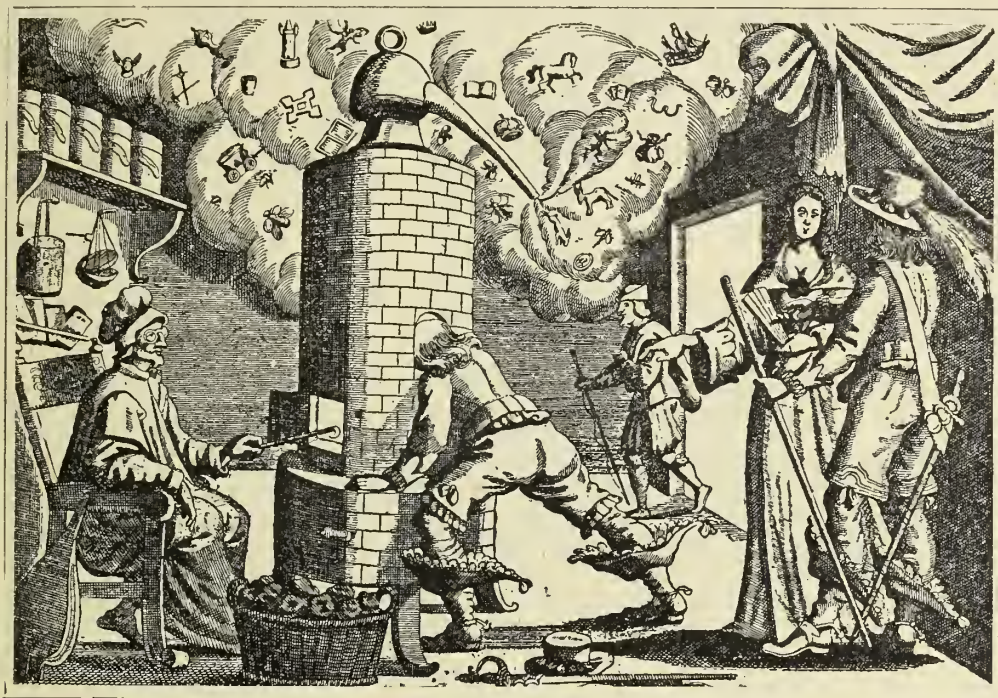
È ad Aristotile che si deve il primo tentativo del metodo sperimentale nello studio della natura; egli ha preceduto, in modo rudimentale, Archimede, il padre delle ricerche sperimentali rigorose. Infatti volendo conoscere se l' aria aveva un peso, prese un'otre gonfia d'aria, la pesò, poi la sgonfiò e ripesatala non vi trovò nessuna differenza di peso, per cui concluse che l'aria non era pesante.

Continuando le sue esperienze sull' aria, giunse alla negazione del vuoto e sostenne che *la natura ha orrore del vuoto*.

*
* *

I concetti fondamentali dell'ipotesi aristotelica, passarono quasi inalterati attraverso il medio evo e trovarono ancora dei seguaci nel XVIII secolo.

Le conoscenze degli antichi romani nel campo delle scienze naturali son molto limitate. Nell'*historia naturalis* di *Plinio* son raccolte tutte le cognizioni che sulla natura si avevano in quell'epoca (25 a. C.). È una raccolta curiosa e interessante, benchè non sempre rigorosa e attendibile, giacchè molte notizie furono ivi riferite senza controllo; tuttavia quel libro costituisce un registro prezioso e abbastanza completo di tutti i corpi allora conosciuti, delle loro proprietà e dei processi di preparazione e trasformazione.

Anche all'epoca di Plinio i fenomeni naturali si spiegavano con le cinque essenze aristoteliche della materia. Plinio stesso con tutta sincerità e sicurezz

Satira di jatrochimici
(da un foglio volante del 1648, Museo Germanico).

affermava che il cristallo di rocca non era altro che umidità gelata, fortemente gelata, molto più del ghiaccio, ed avanzava l'opinione che l'aria si trasformasse in acqua nella formazione delle nubi, per causa del freddo, e l'acqua evaporando, per l'azione del calore, ritornasse aria!

Sotto il dominio delle teorie aristoteliche, nacque poi l'idea della possibilità di trasformare un corpo in un altro, certi metalli in altri. Si credeva, per esempio, che il piombo, il progenitore di tutti i metalli, abbisognasse di quattro periodi, di duecento anni ciascuno, per passare successivamente dallo stato di piombo a quello d'arsenico rosso, poi da arsenico rosso a stagno, da questo ad argento. Furono appunto queste concezioni che diedero origine al pazzo sogno di poter ottenere l'oro da qualunque altro metallo ordinario.

Questo sogno folle, che si prolungò attraverso parecchi secoli, ha segnato

il periodo dell'*alchimia*, nome foggiato dagli Arabi i quali, invadendo l'Egitto nel 640 e conquistando tutta l'Africa settentrionale, si dedicarono anche agli affannosi studi per la fabbricazione dei metalli nobili.

A quell'epoca era una smania ossessionante quella che spingeva gli studiosi dell'alchimia a ricercare l'aureo metallo ovunque. Ai nobili fervori degli studi filosofici dei fenomeni naturali era subentrata la febbre dell'oro, la cupidigia impura della ricchezza e del danaro. Più tardi era nata anche la speranza di scoprire, in seguito a speciali operazioni alchimistiche, la *pietra filosofale*, che doveva rubare al classico Mefistofele, il privilegio possente di ridonare ai vecchi la gioventù e prolungare ai morenti la vita.

Basilio Valentino (1500), monaco tedesco, si affannò per molti anni attorno a questa alchimia, ma ogni sforzo suo non approdò naturalmente a nulla. Queste ostinate ricerche conducevano ad esperienze ripetute e svariate che davano poi come risultato sorprese importanti che preludevano ed indiziavano a scoperte di sostanze nuove, benchè non coronassero mai gli sforzi ed i tentativi che per lo specificato scopo si facevano.

Il *Brandt* (1669), per esempio, era preso tutto dalla folle smania di trovare la pietra filosofale. In grandi recipienti, pensò una volta, dopo aver visto fallire tante esperienze, di far evaporare grandi quantità di orina, persuaso che la pietra tanto agognata, sarebbe stata formata dai depositi dell'orina evaporata. Immaginarsi invece il suo stupore quando si trovò di fronte ad un corpo sconosciuto, dalle proprietà misteriose, che dava luce nell'oscurità: era il fosforo.

Il regno dell'alchimia, che può dirsi il romanticismo della chimica, venne iniziata in Europa dagli Arabi quando invasero la Spagna da cui si estese poi per tutta Europa. In Ispagna fra i più celebri alchimisti notiamo il *Lull* nel 1250; in Francia il *Villanova* nel 1300; in Germania il *Magnus* e in Italia *Tomaso d'Aquino* nel 1350, il quale seppe conciliare la sua santità con i . . . mondani sogni alchimistici.

Paracelso (1493-1541) tenta di sollevare la chimica al di sopra delle venali passioni da cui era stata inquinata, per crearne una scienza disinteressata, non più invasa da misteri e fomentatrice di ingordigie e di avidità, ma ispiratrice di opere più umane e benefiche. Essa viene allora interpretata come fonte preziosa di farmachi e balsami ristoratori e reintegratori della salute dell'uomo; così l'alchimia si tramutava nella *Jatrochimica*, cioè la chimica applicata alla medicina.

Paracelso considerava il corpo umano come una combinazione chimica, soggetta ad alterazioni che ne costituivano le infermità. Secondo lui, unica medicina era quel preparato chimico che servisse a rimettere nell'equilibrio delle giuste proporzioui gli elementi costituenti l'organismo malato.

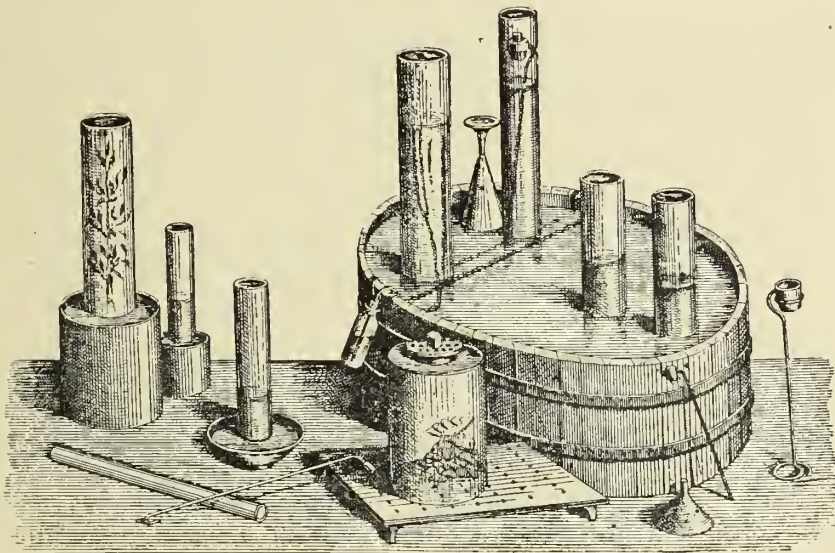
Questo concetto di Paracelso, così contrario a tutti quelli allora in voga, fu combattuto dagli alchimisti del vecchio stampo; ma ad onta di ciò esso trovò seguaci in Germania e nel Belgio.

Anche a Jatrochimica però degenerò spesso in strampalate argomentazioni e singolari sono veramente le conclusioni a cui arrivavano gli Jatrochimici nella diagnosi delle malattie e nelle ricette che per combatterle, combinavano.

Degna di esumazione è la ricetta del celebre *Van Helmont* (1626), per combattere qualsiasi febbre, specialmente quella quartana ! Essa dice: « Si scaldi in una padella di ottone once $1^1/_2$ di trementina di Cipro, vi si introducano 15 ragni viventi e si mescoli sinchè i ragni sono scomparsi. Si levi il fuoco, si continui ad agitare introducendo tante ragnatele quante presumibilmente quei ragni ne hanno tessuto, o in mancanza di ragnetele si mettano 9 piccoli ragni e si agiti ancora. Si aggiunga once $1^1/_2$ del miglior asfalto e once $1^1/_2$ di salammonico bianco; si lasci raffreddare sino ad avere una pomata che si metta in riposo per 15 giorni. Intanto si prepari quest' olio speciale: si prenda dell'olio di fiori di Ninfea, fresco di un anno, e lo si mescoli ad olio di mandorle amare ; vi si introducano 9 corpioni vivi e si esponga il tutto al sole quando questo è nella costellazione della Vergine o del Cancro, e ve lo si lasci finchè gli scorpioni son morti ; allora si aggiunga 1 oncia di pastiglie di vipera e si lasci ancora per 15 giorni al sole. Dopo di ciò l'olio è pronto. Si rammollisce la pomata al fuoco, si spalmano le mani coll' olio già preparato, e si manipola il tutto in modo da ottenere una pasta che si possa stendere sopra una pelle che vien poi tagliata a pezzetti grandi come un tallero.

Un'ora prima che venga la febbre, si leghino bene sui polsi delle mani due di quei cerotti e si lascino 9 giorni esattamente, levandoli alla stessa ora in cui furono applicati, e gettandoli in acqua corrente » !

Ad onta di queste stranezze, *van Helmont*, ha il merito di aver pel primo attaccato le ipotesi aristoteliche, e col *Glauber* poi arricchì la chimica di molte esperienze che condussero alla conoscenza di nuove sostanze.

E fu questo il merito principale dell'ultimo periodo dell'alchimia e della jatrochimica, quello cioè di aver esteso il sistema della ricerca sperimentale ;

Apparati originali usati dal *Priestley* per studiare la respirazione dei vegetali e degli animali.

infatti in quell'epoca si scoprirono nuovi acidi e nuovi sali e si iniziarono anche le fabbricazioni di alcuni di essi su vasta scala. Intanto il materiale sperimentale andava, mano mano accumulandosi, senza alcun ordine, senza alcuna classificazione sistematica, in un caos che non lasciava intravvedere nessuna legge generale regolatrice dei fenomeni chimici.

Il primo tentativo per mettere un po' di ordine in questo campo scompigliato venne fatto da *Lémery* nel 1675 e nel suo libro « *Cours de chimie* » divide le sostanze conosciute in *organiche* (animali e vegetali) ed *inorganiche* (minerali), divisione che si conserva ancor oggi. Prima d'allora nei libri di chimica si trovavano descritti insieme il burro d'antimonio (cloruro d'antimonio) e il burro di latte !

Anche le teorie aristoteliche sulla costituzione della natura venivano scosse di tanto in tanto da qualche sprazzo di luce geniale e così *Francesco Bacone* (1561-1626), il grande filosofo inglese, rievocò, dopo tanti secoli, l'ipo-

tesi atomica di Democrito e con speculazioni filosofiche, prevenendo le geniali scoperte di Lavoisier e di Newton, sostenne che la materia era eterna e intuì vagamente la legge della gravitazione universale.

* * *

La chimica però a traverso tanti secoli non si era mai elevata a dignità di scienza positiva, perchè di essa se n' era fatta un'arte quasi taumaturgica e talvolta di bassa speculazione e d'inganno.

In tanti secoli di *alchimia* l'umanità trasse ben pochi frutti da quegli studi disordinati, e solo quando la chimica, alla fine del secolo XVIII, si liberò dalle pastoie dell'empirismo e dell'occultismo — in virtù dei classici lavori di *Boyle* (1627-1691), di *Cavendish* (1731-1810), di *Priestley* (1733-1804), di *Scheele* (1742-1786), e di *Lavoisier* (1743-1793) — assurse all'altezza delle altre scienze, iniziando un lavoro così fecondo, che in un secolo produsse cento volte di più di quanto avevan dato tutti i secoli precedenti presi insieme.

Al principio del secolo XVIII si conoscevano ancora pochissimi corpi semplici (solo 17 sopra 75 oggi ben definiti) e non si era ancora arrivati a scoprire nessuna legge generale, regolatrice delle numerose reazioni chimiche che si producevano nei laboratori e che avvenivano nei processi vitali delle piante e degli animali.

Il *fenomeno della combustione* richiese 150 anni di studi per essere spiegato giustamente. *Hooke* (1635) e *Mayow* (1643) — due allievi di *Boyle* — erano riusciti a dimostrare che il gas che si sviluppa scaldando il nitro, era il medesimo che si trovava nell'aria e che manteneva la combustione nel fuoco e la vitalità negli animali. Il *Becker* (1635-1682) prima e lo *Stahll* (1660-1734) poi, formularono una strana teoria della combusione — la *teoria del flogisto* — colla quale supponevano che ogni corpo combustibile fosse costituito da due sostanze: una che si sviluppa durante la combustione nella fiamma e nei gas — il *flogisto* — e l'altra che rimane, cioè la cenere o il residuo di abbrustolimento o di riscaldamento e che si chiamava in modo generico, la *calce*. Ogni sostanza dunque prima di essere scaldata o bruciata doveva contenere una calce e del flogisto. Riscaldando un metallo all'aria, si sviluppava del flogisto e la sostanza nuova che lo ricopriva (e che oggi si chiama ossido) era una calce del metallo.

Si era poi trovato che scaldando questa calce con del carbone si rigenerava il metallo primitivo: si diceva allora che il carbone ridava il flogisto alla calce, rigenerando il metallo.

E così per molti anni ogni fenomeno di combustione venne spiegato con questa semplice, ma erronea ipotesi. Già il *Boyle* aveva però rilevato che scaldando alcuni metalli all'aria ne risultava un aumento di peso, mentre secondo lo *Stahll* si avrebbe dovuto osservare logicamente una diminuzione, perchè si perdeva il flogisto. La contraddizione era troppo palese perchè potesse restare a lungo senza una spiegazione: e questa venne, ma fu più strana ancora della stessa teoria che doveva salvare. Si disse dai sostenitori del flogisto che in realtà avveniva in quei casi speciali, aumento di peso durante la combustione, ma questo non era reale, bensì dovuto all'*aumento di densità* della sostanza che

rimaneva dopo il riscaldamento! Sarebbe come se si dicesse che comprimendo un quintale di fieno, rendendolo cioè più denso, se ne aumentasse il suo peso (assoluto)!

La spiegazione per quanto potesse in quell'epoca sembrare spiritosa o ingegnosa, non tranquillizzò gli spiriti acuti che già avevano minato le basi di quella teoria.

Il colpo di grazia all'ipotesi del flogisto venne però dato da *Black* (1728-1799), il quale nel 1756 dimostrò luminosamente con esperienze rigorose e semplici come fossero erronei quei concetti sulla combustione in generale: egli pesava una certa quantità di magnesia alba, l'arroventava in un recipiente opportuno e poi dimostrava che la diminuzione di peso era dovuta all'abbondante sviluppo di un gas nuovo, l'acido carbonico, gas eguale a quello che si sviluppa bruciando del carbone o trattando la magnesia alba con acidi; il flogisto quindi vi aveva nulla a che fare. Nel 1772 il *Lavoisier*, colle sue esperienze rigorose dimostrò pure in modo evidente ed inoppugnabile che scaldando del solfo o del fosforo nell' aria, si ha aumento e non diminuzione di peso.

Il fenomeno della combustione doveva dunque essere interpretato in modo affatto nuovo, e la scoperta dell' ossigeno fatta prima dal *Scheele* nel 1771, poi dal *Priestley* nel 1774 e più tardi dal *Lavoisier* (1778) diede la chiave di questo importantissimo fenomeno, che per tanti anni tenne occupata la mente dei più grandi scienziati di quell'epoca. La chimica fece in quel periodo un reale e notevole progresso e l'ipotesi del flogisto per quanto sbagliata fu ugualmente benefica, perchè costrinse gli studiosi di allora a fare numerosissime ricerche sperimentali rigorose per trovare una spiegazione esatta di tutti i fenomeni della combustione.

Un altro problema che occupò a lungo gli scienziati del secolo XVIII fu la composizione dell'aria atmosferica. Si era rimasti dopo tanti secoli ancora un po' legati ai concetti primordiali di Aristotile, secondo il quale, l'aria era una delle sostanze semplici costituenti l'intero universo.

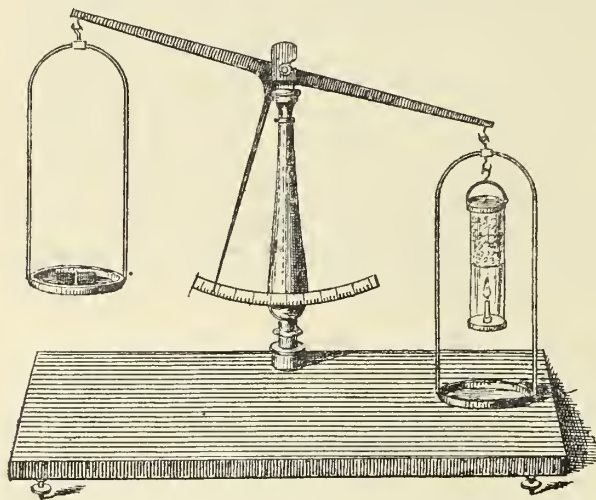
Il *Boyle* sin dal 1650 aveva istituito ad Oxford il primo laboratorio d'Europa per ricerche chimiche sperimentali, dopo aver vinto gravi difficoltà e dopo aver trionfato delle più potenti ostilità dei suoi stessi colleghi d'Università.

Delle sue numerose ed importanti scoperte ricordiamo qui i perfezionamenti da lui introdotti nelle pompe ad aria, che gli permisero di eseguire delle ingegnosissime esperienze. Studiò come avvengono certe combustioni nel vuoto e trovò che lo zolfo non vi brucia, e la fiamma dell'idrogeno o quella di una candela vi si spengono, mentre invece riuscì ad accendere della polvere da sparo e anche del fulminato d'oro, sotto una campana vuota, scaldando coi raggi solari concentrici mediante una lente.

Da queste esperienze deduceva che nel nitro, costituente la polvere, vi doveva essere la stessa sostanza che nell' aria mantiene la combustione di tanti altri corpi.

Il *Priestley* bruciava delle sostanze sotto una campana di vetro piena d'aria e dimostrava che nella campana alla fine della combustione rimaneva un altro gas irrespirabile, nel quale i corpi accesi si spegnevano. Altrettanto

succedeva chiudendo degli animali sotto la campana: dopo un certo tempo morivano perchè restava un gas irrespirabile. Il *Cavendish* aveva a sua volta trovato che bruciando del gas idrogeno nell'aria, si formava dell'acqua e rimaneva poi un gas indifferente incapace di mantenere la combustione e la vita animale.

Era evidente dunque che l' aria era formata da almeno due gas: uno che serve e l'altro che non serve alla combustione e alla vita animale.

Esperimento per dimostrare la legge del Lavoisier sulla conservazione della sostanza anche nella combustione di una candela.

E più tardi il *Lavoisier* con altre ingegnose esperienze precisava esser l'aria costituita da due gas: l' ossigeno che è il gas vitale e l'azoto che è irrespirabile.

E fu il *Lavoisier* che diede l'ultimo colpo alle concezioni alchimistiche di quell'epoca mettendo le basi granitiche della chimica moderna, sulle quali potè rapidamente svilupparsi rigogliosa portando frutti abbondanti.

Fu il Lavoisier che nella sua concezione ampia e geniale di tutti i fenomeni fin allora studiati e con un assiduo lavoro di 20 anni consecutivi, attraverso le scoperte più meravigliose, strappò la chimica dal caos dell'empirismo e la pose sulle fondamenta solidissime delle scienze positive, mercè il controllo di ogni fenomeno chimico in rapporto col peso, col volume, col tempo. Ogni risultato sperimentale doveva essere matematicamente controllabile; anzi il Lavoisier stesso e poi il *Berthollet*, volevano considerare la chimica come una parte della matematica. Fu il Lavoisier, che applicando a tutti i fenomeni chimici la bilancia e generalizzandone l' uso, potè enunciare la più importante delle leggi fondamentali della natura, quella che aprì un'era nuova per tutte le scienze e per la filosofia stessa, voglio dire la *legge della conservazione della massa o del peso*: *nulla si crea*, *nulla si distrugge, tutto si trasforma*, ecco il motto col quale la chimica ha iniziato la sua corsa vertiginosa e trionfale attraverso il secolo XIX.

E pur tuttavia, alla distanza di un secolo, non poche persone del volgo credono ancora che in alcuni fenomeni, contrariamente a quella legge, vi sia una distruzione o una creazione di materia. È facile però persuadersi che anche queste *apparenti* eccezioni rientrano nell'orbita di quella legge generale che non ha mai patito eccezioni. Bruciando per esempio della carta, della legna, una candela, alla fine non rimane che un pizzico di cenere; si direbbe quindi che della materia è stata distrutta, è andata perduta. Ma un semplice controllo colla bilancia alla mano ci persuade subito del contrario. Se noi mettiamo una candela accesa sopra uno dei piatti della bilancia e vi sovrapponiamo un tubo di vetro pieno di pezzi di soda caustica, per assorbire i gas che si sviluppano nella combustione, dopo aver stabilito l'equilibrio con dei

pesi, vedremo che tanto più la combustione della candela procede, tanto più aumenta il peso e la bilancia trabocca dalla parte della candela. Non vi è quindi diminuzione, ma aumento di peso dovuto all'intervento dell'ossigeno dell'aria che si unisce al carbonio e all' idrogeno costituenti la candela per formare acido carbonico e vapor d'acqua che vengono assorbiti dalla soda caustica.

Quando noi mettiamo un minuscolo seme di barbabietola nel terreno e dopo pochi mesi troviamo al suo posto un grosso tubero che pesa sino a 500.000 volte il seme dal quale ha preso origine, si sarebbe ancora indotti a credere ad una vera creazione di materia, ma oggi è ormai assodato che quell'aumento è dovuto a sostanze sottratte al terreno e all'atmosfera. E così dicasi della rapida, vertiginosa e fantastica moltiplicazione di pochi microbi che in poche ore diventano dei milioni; anche questi organismi non si sottraggono punto alla legge fondamentale della conservazione della massa.

*
* *

Coi fatti e colle esperienze rigorose *Lavoisier* abbatteva l'errore del passato e deduceva le leggi positive per l'avvenire della scienza chimica. La sua alta coltura e le sue condizioni sociali molto privilegiate gli facilitarono quell'immane lavoro e però tutti questi suoi meriti non lo salvarono dalla inesorabilità storica che in quel momento s'incarnava nella *ghigliottina*.

Giova ricordare almeno alcuni dei suoi lavori più importanti: In quell'epoca non pochi scienziati credevano ancor possibile la trasformazione dell'acqua in terra mediante prolungata ebollizione e la prova la deducevano dal fatto che evaporando l'acqua fatta previamente bollire a lungo in un vaso di vetro, dopo evaporazione, lasciava un residuo terroso. Il *Lavoisier* per dimostrare l'assurdo di una tale credenza, fece bollire dell' acqua per 101 giorni consecutivi in un vaso di vetro pesato e chiuso. Alla fine della prova trovò che il peso complessivo dell' acqua e del vaso era rimasto inalterato, ma ripesando il pallone senz'acqua trovò che era diminuito di gr. 17.4 e però evaporando l'acqua si otteneva un residuo terroso di circa 20 gr. Era dunque la parte disciolta del vetro che si otteneva come residuo terroso insieme ai pochi sali contenuti nell' acqua, e infatti *Scheele* analizzando poi quel residuo, lo trovò formato da silice e da alcali, come il vetro.

Del *Lavoisier* già ricordammo i classici lavori sulla combustione, lavori che diedero l' ultimo tracollo alla teoria del flogisto e precisarono la natura dei gas della combustione, della respirazione e della fermentazione. Nel 1778 preparò l'ossigeno scaldando dell'ossido rosso di mercurio, ma in ciò era però stato prevenuto 4 anni prima da *Priestley*. Dopo aver studiato l'ossigeno, *Lavoisier* determinò la composizione e costituzione dell' aria atmosferica, mediante un'esperienza molto semplice: egli scaldò un dato peso di mercurio per 11 giorni in una storta di vetro a collo lungo, terminante in una campana piena d' aria, capovolta su mercurio. Alla fine osservò che il volume di aria era diminuito e il peso del mercurio aumentato; e per di più potè constatare che il gas rimasto nella campana, non manteneva la combustione come l'ossigeno e aveva proprietà molto diverse. Era così giunto

alla scoperta dell' azoto e potè quindi dimostrare che l' aria atmosferica era formata da una miscela di gas ossigeno e di azoto (o nitrogeno).

Più tardi, nel 1783, in una importante comunicazione all'Accademia di Francia, Lavoisier annunciava d'aver scoperto la composizione chimica dell'acqua.

I recenti documenti storici dimostrano però che questa scoperta era stata fatta sin dal 1781 dal *Cavendish* ed anzi un amico di questi, il *Blagden*, in un viaggio a Parigi nello stesso anno, comunicava privatamente al Lavoisier che il Cavendish, bruciando dell'idrogeno ottenne dell'acqua, la quale quindi non poteva essere che la combinazione di quello coll'ossigeno dell'aria.

Il Lavoisier si era dunque, più tardi, appropriata quella scoperta, come aveva già fatto per l' ossigeno, quando il *Priestley* di passaggio a Parigi in una visita a Lavoisier, durante un pranzo, gli raccontava (1774) che scaldando dell'ossido rosso di mercurio si otteneva un gas identico a quello che mantiene la combustione nell'aria.

Questi piccoli peccati del *Lavoisier* non offuscano la sua luminosa aureola di scienziato, ma confermano solo che anche i grandi uomini, sono afflitti essi pure dalle piccole miserie della vanità ! (1).

II.

Leggi fondamentali della chimica moderna.

Come abbiamo visto, alla fine del secolo XVIII era stato accumulato un prezioso materiale sperimentale che aveva subito il solo controllo della legge del Lavoisier sulla conservazione della massa, e secondo la quale *la somma dei pesi di due corpi che si combinano è sempre uguale al peso della nuova combinazione formatasi.* A questa legge generale, che non patì mai eccezioni, se ne aggiunsero ben tosto altre speciali, che contribuirono ad aprire il varco alla corsa trionfale che la chimica stava iniziando.

Già il *Wenzel* nel 1774, nel suo *Studio sull'affinità dei corpi*, aveva tro-

(1) *Antonio Lorenzo Lavoisier* nacque a Parigi il 26 agosto 1743 da ricca famiglia che gli procurò un vastissimo corredo di studi al Collegio Mazarin. Conosceva a fondo la matematica, la fisica, l'astronomia, e la mineralogia e così potè poi dedicarsi con grande successo allo studio della chimica, apportando una vera rivoluzione in questa scienza ed iniziando per essa un' era nuova che ancor oggi risente del suo benefico impulso.

Abbiamo già ricordato i suoi grandi meriti ed i suoi importanti lavori e non dimenticammo neanche il suo torto, comune anche ad altri grandi uomini, quello d'essersi talvolta appropriato scoperte altrui.

Il Lavoisier aveva coperto alte cariche governative e però l'imperversare degli avvenimenti della grande rivoluzione francese non lo risparmiò. Venne arrestato alla fine del dicembre 1793 imputato dal governo rivoluzionario di cospirazione contro lo stato e di frode al popolo per una presunta aggiunta di acqua e di sostanze venefiche nella preparazione del tabacco da naso pei cittadini di Parigi. Nessun dei suoi amici influenti, come *Guyton de Morveau, Monge, Fourcroy* ed altri ebbe il coraggio di prender le difese del grande scienziato. Fu invidia o viltà ? Solo alcuni giovani allievi del Lavoisier (*Hallé* e *Loysel*) osarono raccogliere tutti i suoi lavori e li presentarono al tribunale che doveva giudicarlo. Ma i giudici risposero che in quel momento la società non avea bisogno di sapienti e l'8 maggio 1794 la ghigliottina in un attimo faceva cadere la testa di un genio, che l'opera di un secolo non avrebbe potuto compensare.

Si disse da molti storici e da tanti chimici che l'inesorabilità del tribunale rivoluzionario provenisse dall'influenza di *Marat*, il quale avrebbe avuto motivi di odio contro Lavoisier per la critica che questi fece ai suoi lavori di fisica e chimica. Tale accusa però è assurda perchè Marat fu assassinato e morì nel luglio 1793.

Il ritratto del Lavoisier si trova nel fascicolo della fisica a pag. 127.

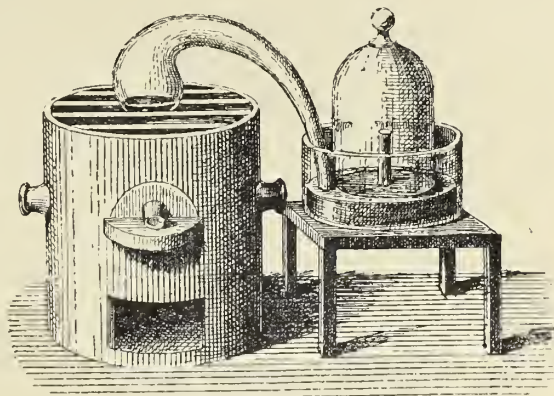
vato che le sostanze acide e quelle alcaline (*le cosidette basi*) si combinano fra loro in rapporti costanti.

Il *Richter*, nei suoi « *Elementi di Stechiometria o misurazione degli elementi chimici* » (1792-1794), dopo avere confermate e ampliate le esperienze del Wenzel, studiò ponderalmente l' azione reciproca di numerosi sali neutri, i quali reagendo fra loro, davano origine a nuovi sali neutri differenti. Determinò inoltre le quantità dei diversi acidi che occorrono per saturare sempre la stessa quantità di una base e d'altra parte determinò la quantità di diverse basi che saturano una costante quantità di un acido, cavandone delle nuove leggi, la cui importanza venne riconosciuta solo più tardi.

Apparecchio usato dal *Lavoisier* per studiare la composizione dell'aria.

Il Ritcher dedicò tutta la sua attività nel cercare delle leggi matematiche regolanti le reazioni chimiche e il *Berthollet*, colla stessa ispirazione, tentava ridurre, nella sua « *Statica chimica* », tutte le reazioni chimiche ad un fenomeno generale di attrazione fra le particelle delle diverse sostanze, analogamente a quanto avviene per la gravitazione dei corpi: secondo lui la formazione di ogni nuova sostanza dipendeva esclusivamente dall' affinità e dalla massa reagente, mentre il Richter aveva ammesso dei rapporti costanti nel peso dei corpi, che si combinano indipendentemente quindi dalla massa più o meno grande dell'uno o dell'altro.

I poderosi lavori sperimentali del *Proust* (1801-1806) però confermarono i concetti del Richter, e li precisarono colla *legge delle proporzioni costanti*, secondo la quale due elementi (corpi semplici) si combinano fra loro sempre nello stesso rapporto, qualunque siano le circostanze nelle quali la reazione avviene. E il *Dalton* ampliava e completava questa legge con quella delle *proporzioni multiple*, secondo la quale molte sostanze non si combinano fra loro soltanto in un rapporto semplice costante, ma una delle sostanze può combinarsi coll'altra anche nel rapporto doppio, triplo, quadruplo, ecc. Se per esempio 14 grammi d'azoto si combinano sempre con 8 grammi di ossigeno per formare 22 gr. di ossidulo d'azoto, la stessa quantità d' azoto, (14 gr.) può combinarsi anche con 16 o 24, o 32 o 40 gr. d'azoto (cioè un multiplo di 8 gr.), per formare rispettivamente l'ossido, il biossido, il triossido il tetrossido e il pentossido d'azoto.

Fu in base a queste considerazioni e a questi fatti che il *Dalton* (1800-1803) giunse alla sua geniale ipotesi atomica. I corpi per seguire quelle regole dovevano essere costituiti da particelle a peso costante, perchè solo in tal modo le sostanze potevan combinarsi fra loro in rapporti semplici o multipli; in quest'ultimo caso una particella di una sostanza si univa con parecchie particelle di altre sostanze. Fu così che il Dalton in un lampo di genio e rievocando l' antica ipotesi dei filosofi greci (*Leucippo* e *Democrito* - 450 anni a. C.)

trovò la chiave di tutto il microcosmo chimico e di tutte le trasformazioni che avvenivano nelle sostanze. Egli ammetteva che tutti i corpi fossero costituiti da piccole particelle, che chiamò *atomi*, con peso e volume costanti, ma differenti nelle proprietà per ogni sostanza semplice. Le proprietà o qualità degli atomi determinavano anche la qualità delle diverse sostanze. I composti chimici risultavano dall' unione di uno o più atomi di una data specie con uno o più atomi di una specie diversa. Stabilendo come unità il peso (relativo) di uno di questi elementi, si veniva a stabilire il peso relativo di tutte le diverse qualità degli altri elementi o delle relative particelle. Se per esempio un grammo d'idrogeno si combina con gr. 35,5 di cloro per formare l'acido cloridrico, o con gr. 80 di bromo o 127 di iodio per formare rispettivamente l'acido bromidrico e l'acido iodidrico, ammettendo che una particella di idrogeno pesi 1, allora ne consegue che il peso relativo della particella di cloro dovrà esser 35,5, quella di bromo 80 e quella di iodio 127. Dalton giungeva così ai cosidetti *pesi atomici* (Vedi avanti la tabella).

Questa semplice e meravigliosa ipotesi del Dalton fu il coronamento dell'opera del Lavoisier e sin dal principio del XIX secolo fu accettata da tutti gli scienziati d'Europa; essa servì di base a tutti gli ulteriori progressi della chimica durante il secolo or ora trascorso.

Le ultime nebulose che ancora avvolgevano la chimica erano fugate, l'ipotesi atomica del Dalton fu come il faro che illuminò l'immenso campo delle ricerche chimiche sino allora rimasto buio e nuove leggi e scoperte sempre rinnovantisi, si succedettero, con slancio meraviglioso: l'impulso era dato, la via era chiara ed ampia e la messe fu abbondante oltre ogni previsione.

*
* *

Nel 1805 *Gay-Lussac*, l'eminente fisico e chimico francese, studiando le reazioni chimiche che avvengono fra alcuni gas, giunse ad una importante legge, secondo la quale i volumi di due gas che si combinano, stanno fra loro in un rapporto molto semplice, come semplice è pure il rapporto nel quale stanno col volume del nuovo gas risultante.

Gay-Lussac aveva sperimentalmente trovato che un volume di gas ossigeno si combina sempre esattamente, mediante la scarica elettrica, con un doppio volume di gas idrogeno, per formare due volumi di vapor d'acqua. Anche se vi era presente un eccesso di idrogeno o di ossigeno, la combinazione avveniva sempre e soltanto in quei rapporti, cioè 1 litro di ossigeno si combinava con due litri d' idrogeno e formava due litri di vapor d' acqua; il gas eccedente rimaneva inalterato.

D'altra parte si sapeva già che scomponendo l' acqua, questa risultava sempre costituita da 1 parte in *peso* di idrogeno e 8 parti in peso di ossigeno e per conseguenza un litro di ossigeno doveva avere un peso otto volte maggiore dei *due* litri di idrogeno presi insieme, vale a dire che 1 litro di ossigeno doveva pesare 16 volte di più di 1 litro d'idrogeno.

Il *Berzelius* dopo questi fatti fece l' ipotesi che anche una particella d' ossigeno pesasse 16 volte di più delle particelle di idrogeno e allora ne risultava una conseguenza importantissima, che cioè *in un litro di idrogeno e in*

un litro di ossigeno vi fosse contenuto l'egual numero di particelle chimiche, ciò che veniva suffragato dal risultato sperimentale, perchè 1 litro di idrogeno pesa gr. 0.09 e un litro di ossigeno gr. 1.43, cioè 16 volte di più.

Col concetto che si aveva allora delle particelle chimiche non si poteva trovare un accordo fra la nuova ipotesi del Berzelius e le esperienze del Gay-Lussac sulle combinazioni dei gas.

Secondo l'ipotesi del Berzelius facendo combinare 1 litro di idrogeno e 1 litro di cloro doveva risultare 1 litro di particelle di gas acido cloridrico, perchè il nuovo gas era formato da idrogeno e cloro, cioè da due particelle semplici doveva risultarne una composta; praticamente invece si trovava che risultavano due litri di gas acido cloridrico, cioè da una particella di idrogeno e da una particella di cloro si formavano due particelle di acido cloridrico.

Gay Lussac

(nato il 6 Dicembre 1778 a St. Leonard in Limousin, morto il 9 Maggio 1850 a Parigi).

La spiegazione di questo enigma che paralizzava ogni ulteriore progresso nel campo teorico, venne data dal fisico-chimico italiano *Amedeo Avogadro* con una geniale ipotesi enunciata nel 1811 e ampliata nel 1814. Egli ammetteva che le particelle libere formanti i gas, fossero a lor volta costituite da particelle più piccole semplici, che chiamò *atomi*, dando il nome di *molecole* alle particelle composte; anche le particelle gasose delle sostanze semplici sarebbero formate da due atomi.

Le combinazioni chimiche avverrebbero allora, secondo Avogadro, fra gli atomi costituenti le molecole di varia natura, atomi che si rendono liberi momentaneamente, nell'istante in cui avviene la combinazione.

Con questa ipotesi si potè subito spiegare benissimo il rapporto dei volumi nelle combinazioni dei gas. Se rappresentiamo graficamente le molecole costituite da atomi, come si vede più sotto, e se indichiamo colla lettera H l'atomo d'idrogeno, con Cl quello del cloro e con O quello dell'ossigeno, allora la formazione di acido cloridrico e di acqua, risulta evidente dal seguente schema:

H	+	Cl	=	H	+	H
H		Cl		Cl		Cl
1 vol.		1 vol.		1 vol. HCl		1 vol. HCl

						H		H
H	+	H	+	O	=	O	+	O
H		H		O		H		H
1 vol.		1 vol.		1 vol.		1 vol.		1 vol.

Chiarito così l' enigma del Berzelius, la chimica si arricchì di una delle leggi più importanti che contribuì immensamente al suo progresso e tutte le scoperte fatte sino ai nostri giorni concordano pienamente con la legge del l'Avogadro, che possiamo riassumere così: *volumi eguali di qualsiasi gas, nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione, contengono lo stesso numero di molecole,* siano esse costituite da atomi omogenei o eterogenei (1).

Giacomo Berzelius
(nato il 29 Agosto 1779 a Westerlösa e morto il 7 Agosto 1848 a Stoccolma, dopo aver insegnato la chimica in quella università per circa 45 anni).

In base a questa legge diventava possibile e facile determinare il peso molecolare (relativo) di qualunque sostanza gasosa (o trasformabile in gas senza decomposizione); bastava cioè poter pesare un volume determinato di qualsiasi sostanza gasosa e confrontarlo col peso di egual volume d'idrogeno, nelle stesse condizioni di temperatura e pressione. Per oltre mezzo secolo fu un succedersi continuo di nuovi metodi e di apparati sempre più ingegnosi per determinar con esattezza il peso molecolare delle sostanze gasose o gasificabili. Non possiamo estenderci a descrivere questi apparati del *Gay-Lussac*, dell'*Hofmann*, del *Dumas*, del *Marchand*, ecc. ma diremo però due parole di quello del *Victor Meyer* (1878) perchè molto semplice e perchè permette, con pochi decigrammi di sostanza, di determinare, con grande esattezza, il peso molecolare di molte sostanze, ed è comunemente impiegato nei laboratorî. La sostanza liquida o solida, si pesa esattamente in un tubettino di vetro che si introduce in un lungo tubo caldo, chiudendo poi subito con un tappo, come si vede nella figura; questo tubo è avvolto da un altro più grande, pieno di vapori caldi provenienti da un liquido in ebollizione, liquido che deve bollire a temperatura più alta di quella alla quale si evapora la sostanza da studiare. La sostanza pesata appena cade sul fondo del tubo interno, si evapora immediatamente e il volume del vapore che si forma sposta un egual volume di aria, che si raccoglie fuori, in una campanella graduata, per spostamento d'acqua. Si ha così il volume di vapore corrispondente a quel dato peso di sostanza; e, riducendo

(1) L'*Avogrado*, che nacque a Torino il 9 agosto 1776, e morì il 9 luglio 1856, non fu degnamente considerato dai suoi contemporanei; solo qualche anno dopo la sua morte si parlò di lui e della famosa e ben nota sua teoria molecolare. Eterna irrisione della vita, solo capace di giustizie postume!

Il conte *Amedeo Avogadro*, figlio di un magistrato, studiò legge. Dopo aver esercitato qualche anno l'avvocatura, si diede allo studio della matematica e della fisica, per cui aveva grande predilezione. Dal 1809, e per 11 anni, insegnò fisica e filosofia in un collegio di Vercelli; poi nel 1820 fu nominato professore di fisico-matematica nell'Università di Torino. In seguito ai moti politici del 1821, la sua cattedra venne soppressa, e solo dopo 10 anni, — quando fu ripristinata — egli potè ripigliare il suo insegnamento. Nel frattempo aveva esercitato nella magistratura.

L'Avogadro fu un grande ingegno; il tempo, anzichè diminuire la sua figura, gli ha reso giustizia ed ha riparato all'oblìo in cui fu tenuto dai suoi contemporanei.

Alieno dalle parate, egli rifuggiva dal mettersi in mostra. Modesto e studioso, era un fervido cultore della scienza; di essa era un idealista.

Il suo poderoso lavoro di fisica molecolare era più che altro frutto di speculazioni astratte; egli precorse i tempi, e fu per questo che mancando una larga base sperimentale alla sua teoria, questa non fu presa che più tardi in considerazione.

Al suo trionfo l'Avogadro non potè assistere, poichè ad onta degli studi iniziati dal *Gerhardt* e dal *Laurent* che nel 1850, — ancor lui vivente — misero in piena luce l'ipotesi sua, come una necessità scientifica che spiegasse tutti i fenomeni chimici, fu dopo la sua morte che la sua teoria s'impose definitivamente e servì al Clausius per spiegare la teoria meccanica del calore.

quel volume alla temperatura alla quale si trova riscaldato l'apparato (punto di ebollizione del liquido riscaldante) è facile, colle opportune formule e tenendo conto della pressione, arrivare al peso molecolare.

Ordinariamente le molecole dei corpi semplici allo stato di gas sono formate da due atomi, sicchè dividendo per due il peso molecolare si ottiene il peso atomico, eccezione fatta per alcuni elementi che hanno molecole monoatomiche (vapori dei metalli e nuovi gas scoperti nell'atmosfera: *argo*, *elio, cripto, xeno e neo*) e qualche altro che ha molecole poliatomiche (fosforo, ecc.).

* * *

Per le sostanze che non si possono trasformare in vapore e che si decompongono a caldo, non è possibile determinare la grandezza molecolare coi metodi ora ricordati e però studiando le sostanze allo stato solido e in soluzione scaturiscono altri metodi assai ingegnosi per determinare i pesi molecolari; metodi che si basano su leggi e principii affatto diversi da quelli che condussero ai pesi molecolari colla densità dei vapori.

Nel 1818 *Dulong* e *Petit* scoprirono che *i calori specifici degli elementi solidi sono inversamente proporzionali ai loro pesi atomici* (1) e per conseguenza moltiplicando il calore specifico di qualunque elemento solido per il suo peso atomico si otteneva un numero costante (6,4). Per avere allora il peso atomico di una sostanza semplice solida bastava dividere 6,4 per il suo calore specifico determinato coi soliti calorimetri.

E il *Mitscherlich* nel 1823 scopriva un altro processo ingegnoso per la determinazione dei pesi molecolari, studiando le diverse sostanze allo stato cristallino; infatti *i composti le cui molecole hanno costituzione analoga hanno anche la stessa forma cristallina, cioè sono isomorfi.*

Ma in questi ultimi anni la chimica si è arricchita di altri processi ancora molto ingegnosi e basati su leggi ancora differenti, per determinare il peso molecolare delle sostanze, semplicemente scaldando o raffreddando la loro soluzione fatta con appositi solventi. Sarebbe troppo lunga la spiegazione di questi nuovi metodi e basterà ricordare che vennero scoperti collo studio delle soluzioni.

Apparecchio *Victor Meyer* (1877) per determinare il peso molecolare mediante la densità dei vapori.

Già l'abate *Nollet* sin dal 1750 aveva osservato che chiudendo con una vescica animale un bicchiere pieno di spirito, ed immergendolo poi in acqua, la vescica si gonfiava talvolta sino

(1) Il calore specifico di un corpo è dato dalla quantità di calore necessaria per elevare di 1° la temperatura di 1 Kg. di detto corpo, e si prende come unità il calore che occorre per inalzare di un grado 1 Kg. d'acqua. Questa unità calorifica porta nome di *caloria grande*, per distinguerla dalla *piccola caloria* che si riferisce a 1 gr. d'acqua ed è mille volte più piccola.

a scoppiare. Molti anni più tardi si attribuì quel fatto ad un *fenomeno osmotico*: le molecole dell'acqua cioè potevano entrare nel bicchiere attraverso ai pori della vescica, mentre quelle dell'alcool, più grosse, non potevano uscire e quindi nell'interno si formava una pressione: la *pressione osmotica*. Il *Pfeffer* e poi il *de Vries*, dal 1877 al 1884 riprodussero il fenomeno con certe cellule vegetali, le quali, immergendole in acqua, finivano per spezzare la membrana, tanto forte era la pressione nell'interno e con delle soluzioni di zucchero al 6 %, chiuse in un vaso d'argilla e immerse poi in acqua, davano una pressione osmotica anche di 4 atmosfere.

Si poteva così comprendere come i succhi dei più grandi alberi potessero passare dal terreno sino ai ramoscelli più alti in virtù di queste pressioni osmotiche.

Ma l'osservazione più stupefacente a questo riguardo fu quella che dimostrò che le soluzioni di diverse sostanze che esercitano la stessa pressione osmotica *(soluzioni isotoniche)*, contengono in volumi uguali, lo stesso numero di molecole sciolte. È una specie di legge di *Avogadro*, nella quale il solvente sembra debba servire quasi a gasificare la sostanza sciolta.

A. Avogadro.

E' evidente che diventava facile, in base a queste osservazioni, dedurne un metodo per determinare il peso molecolare delle sostanze sciolte.

E vogliamo ricordare ancora due metodi che oggi i chimici usano di frequente per determinare la grandezza molecolare delle sostanze.

Fin dall'antichità si era osservato che l'acqua salata dei mari gela più difficilmente di quella dolce dei laghi e che il ghiaccio che si separa dall'acqua di mare contiene pochissimo sale.

Recentemente si scoprì dal *Raoult* (1885) che non solo più sale si aggiunge all'acqua e più si abbassa il suo punto di congelazione, ma se si preparano delle soluzioni equimolecolari, con un dato solvente, che contengono in volumi eguali, egual numero di molecole di varie sostanze, allora tutte quelle soluzioni dànno lo stesso abbassamento del punto di congelazione del solvente. Da queste osservazioni *crioscopiche* ne risultò subito un metodo di determinazione dei pesi molecolari ed il *Beckmann* nel 1888 ideava un apparato molto semplice (vedi figura) per queste determinazioni, servendosi di un termometro speciale diviso in centesimi di grado e immerso in una provetta che contiene il solvente, del quale si è determinato prima esattamente il punto di congelazione, raffreddando la provetta con ghiaccio o ghiaccio e sale e poi determinando nuovamente il punto di congelazione quando al solvente si è aggiunto un dato peso della sostanza da studiare.

*
* *

Lo stesso *Raoult* nel 1886 basandosi su molti studi fatti precedentemente dal *Wüllner*, dall'*Ostwald*, dal *Tammann* e da altri ancora, studiando il com-

portamento delle soluzioni rispetto al loro punto di ebollizione, dedusse un altro metodo ingegnoso e comodo per determinare il peso molecolare delle sostanze.

Si sa che, per esempio, l'acqua bolle e si evapora quando la tensione dei suoi vapori eguaglia la pressione atmosferica. Se all'acqua si aggiunge del sale, per farla bollire bisogna scaldarla ad una temperatura tanto più elevata quanto maggiore è la quantità del sale disciolto, perchè la tensione dei vapori delle soluzioni è minore di quella del solvente (acqua).

Scegliendo opportunamente i solventi delle varie sostanze il *Raoult* dimostrò che le soluzioni equimolecolari innalzano egualmente il punto di ebollizione o — ciò che è lo stesso — abbassano egualmente la tensione dei vapori.

Il *Beckmann* nel 1889 ideò anche per questo metodo un apparato semplice analogo al precedente, per determinare, anche in centesimi di grado, l'innalzamento del punto di ebollizione della soluzione della sostanza, in confronto al punto di ebollizione del solvente.

Apparecchio di Beckmann per determinazioni crioscopiche e di pesi molecolari.

Questi due metodi insieme a quello del Victor Meyer sono i più usati oggi dai chimici per le determinazioni dei pesi molecolari delle più svariate sostanze, ma già accennai che per avere risultati attendibili nell'evaporare le sostanze non vi deve essere decomposizione; il cloruro ammonico dà infatti una densità di vapore che conduce a un peso molecolare metà del vero, perchè ogni molecola di quel sale si è dissociata in due molecole più leggere. E venne anche rilevato più sopra che il *Raoult* per ottenere risultati esatti, doveva scegliere opportunamente il solvente, perchè sciogliendo per esempio i sali, gli acidi o le basi *in acqua* si ottenevano generalmente dei pesi molecolari doppi o anche tripli del peso molecolare vero.

Lo studio di queste anormalità condusse nel 1887 il fisico svedese *Arrhenius* ad una geniale *teoria elettrolitica delle soluzioni*, che gli valse il premio Nobel di 200000 lire nel 1903.

*
* *

L'*Arrhenius* ha prima di tutto constatato che quelle eccezioni si verificavano solo per gli *elettroliti*, cioè per le sostanze che in soluzione diluita conducono l'elettricità, e specialmente per le soluzioni acquose dei sali, e allora dedusse che quelle sostanze in acqua sono dissociate in due parti dette *ioni*, una elettronegativa detta *anione* e l'altra elettropositiva detta *catione*, e questi ioni hanno proprietà differenti da quelle della sostanza non disciolta e servono anche da veicolo alla corrente elettrica che passa nelle soluzioni.

Infatti l'acqua non è conduttrice dell'elettricità, ma lo diventa subito se ad essa si aggiunge un po' di sale o un acido. Tutte le reazioni chimiche avvengono fra ioni, ed anzi una reazione sarà tanto più facile e un acido o una base tanto più energici, quanto più saranno dissociati nei corrispondenti ioni. E non bisogna confondere gli ioni cogli atomi, perchè gli ioni sono delle parti di molecole (omogenee o eterogenee) che hanno una carica elettrica costante di 96.549 Coulomb per una quantità di grammi espressa dai pesi atomici (il *Coulomb* è l' unità che misura la quantità di elettricità). Nell'acido nitrico, che ha la formula HNO_3, l'anione è NO_3, e il catione H.

E con questa ipotesi si spiega come nelle soluzioni acquose di molte sostanze si ottenga una pressione osmotica doppia o tripla, e anche un innalzamento del punto di ebollizione o un abbassamento del punto di congelazione doppio o triplo, ecc., perchè quelle sostanze in soluzione acquosa sono più o meno dissociate elettroliticamente nei corrispondenti ioni. Per aver dunque pesi molecolari normali bisogna scegliere dei solventi che non ionizzano le sostanze.

Questi importanti studi di chimica-fisica, approfonditi in questi ultimi anni dai poderosi lavori del *van't Hoff*, dell'*Ostwald* e di tant'altri, hanno dato un grande e nuovo impulso al progresso della chimica, e già si hanno importanti applicazioni pratiche di queste geniali concezioni teoriche, le quali insieme agli ultimi studi sulle sostanze radioattive, tendono a costituire delle nuove basi alla fisica e alla chimica, essendo ormai insufficiente la teoria atomica a spiegare tutti i fenomeni che man mano si vanno ora scoprendo.

L'atomo dovrà forse lasciare il posto all'*elettrone*, che sarebbe la più piccola massa di sostanza carica della più piccola quantità di elettricità libera. L'ordine di grandezza dell'elettrone è ben più piccolo di quello degli atomi, i quali forse non sarebbero altro che degli aggregati stabili di elettroni.

*
* *

Simboli. — Man mano che andava accrescendosi il numero dei corpi semplici e più ancora quello delle nuove combinazioni, diventava indispensabile rappresentare gli elementi ed i composti chimici con dei *simboli*. Gli alchimisti si servivan già dei segni più stravaganti e cabalistici per indicare le sostanze più note, ma fu il Dalton che pel primo diede una tabella dei simboli dei corpi semplici e si serviva poi dell'unione di questi simboli per rappresentare anche le combinazioni chimiche. E così il simbolo dell'ossigeno era un piccolo circolo ○, quello dell'idrogeno un circolo con un punto nel centro ⊙, ecc. e allora l'acqua che è composta d'ossigeno e di idrogeno, la rappresentava con i simboli di questi elementi ○⊙; l'azoto veniva segnato con un circolo diviso in due da una linea, il carbonio da un circolo tutto nero nell'interno, ecc. Pei metalli invece si serviva delle prime lettere del loro nome latino e così il mercurio lo segnava con *Hg*, dal nome latino *Hydrargirium*; l'antimonio *Sb* dal nome *Stibium*, ecc.

Il Berzelius che scoprì tanti corpi nuovi, nel 1813 propose di estendere a tutti gli elementi conosciuti la derivazione del loro simbolo dal corrispondente nome latino. Dalton poi scriveva di fianco al simbolo il peso atomico, cioè

il peso relativo delle particelle chimiche riferite al peso delle particelle d'idrogeno prese come unità. Il Berzelius, il Dumas, lo Stas, che erano dei perfetti operatori, corressero quei pesi atomici, servendosi degli strumenti più

TAVOLA DEI PESI ATOMICI

Nome dell'elemento	Simbolo	Peso atomico		Nome dell'elemento	Simbolo	Peso atomico	
		O = 16	H = 1			O = 16	H = 1
Alluminio	Al	27,1	26,1	Molibdeno	Mo	96	95,26
* Antimonio	Sb	120,2	119,3	* Neo	Ne	20	19,9
Argento	Ag	107.93	107,12	Neodimio	Nd	140,6	142,5
* Argo	A	39,9	39,6	Nichel	Ni	58,7	58,3
* Arsenico	As	75	74,4	Niobio	Nb	94	93,3
* Azoto	N	14,04	13,93	Oro	Au	197,2	195,7
Bario	Ba	137.4	136,4	Osmio	Os	191	189,6
Berillio o Glucinio . .	Be	9,1	9,03	* Ossigeno	O	16	15,88
Bismuto	Bi	208,5	206,9	Palladio	Pd	106,5	105,7
* Boro	B	11	10,94	Piombo	Pb	206,6	205,35
* Bromo	Br	79,96	79,36	Platino	Pt	194,8	193,3
Cadmio	Cd	112,4	111,6	Potassio	K	39,15	38,86
Calcio	Ca	40,1	39,8	Praseodimio	Pr	140,5	139,4
* Carbonio	C	12	11,91	Radio	Ra	225	223,3
Cerio	Ce	140,25	139,2	Rame	Cu	63,6	63,1
Cesio	Cs	132,9	131,9	Rodio	Rh	103	102,2
* Cloro	Cl	35,45	35,18	Rubidio	Rb	85,4	84,8
Cobalto	Co	59	58,56	Rutenio	Ru	101,7	100,9
* Cripto	Kr	81,8	81,2	Samario (?)	Sa	150	148,9
Cromo	Cr	52,1	51,7	Scandio	Sc	44,1	43,8
* Elio	He	4	4	* Selenio	Se	79,2	78,6
Erbio	Er	166	164,80	* Silicio	Si	28,4	28,2
Ferro	Fe	55,9	55,5	Sodio	Na	23,05	22,88
* Fluoro	Fl	19	18,9	* Solfo	S	32,06	31,83
* Fosforo	P	31	30,77	Stagno	Sn	119	118,1
Gadolinio (?)	Gd	156	155	Stronzio	Sr	87,6	86,94
Gallio	Ga	70	69,5	Tallio	Tl	204,1	202,70
Germanio	Ge	72,5	71,9	Tantalio	Ta	183	181,6
* Idrogeno	H	1,008	1	* Tellurio	Te	127,6	126,6
Indio	In	114	113,1	Terbio (?)	Tb	160	158,8
Iridio	Ir	193	191,5	Titanio	Ti	48,1	47,7
Itterbio	Yb	173	171,7	Torio	Th	232,5	230,8
Ittrio	Y	89	88,3	Tullio (?)	Tu	171	169,7
* Iodio	I	126,85	125,9	Tungsteno o Volframio .	W	184	182,6
Lantanio	La	138,9	137,9	Uranio	U	238,5	236,7
Litio	Li	7,03	6,98	Vanadio	V	51,2	50,8
Magnesio	Mg	24,36	24,18	Xeno	X	128	127
Manganese	Mn	55	54,6	Zinco	Zn	65,4	64,9
Mercurio	Hg	200	198,5	Zirconio	Zr	90,6	89,9

esatti e delle reazioni più sicure. Diamo qui (v. p. 27) una tabella degli elementi conosciuti con sicurezza sino ad oggi e segniamo di fianco al nome il simbolo e i pesi atomici universalmente usati dai chimici e determinati coi metodi che furono già spiegati o con altri metodi che saranno spiegati più avanti. Sino a pochi anni addietro i pesi atomici erano riferiti all'idrogeno fatto eguale ad 1 e allora l'ossigeno risultava = 15,88; siccome però l'idrogeno si ottiene difficilmente puro, mentre l'ossigeno si può avere purissimo, così recentemente i chimici si accordarono di riferire tutti i pesi atomici degli elementi a quello dell'ossigeno fatto = 16. La differenza non è molto grande, ma però coi nuovi pesi si hanno anche altri vantaggi che verranno messi in evidenza più avanti.

Il simbolo ci rappresenta l'atomo; le molecole, risultanti dall'unione di due o più atomi eguali o diversi, si rappresentano coi simboli degli atomi segnando in basso, a destra di ciascun simbolo, il numero degli atomi. Così le molecole per le seguenti sostanze saranno: idrogeno H_2, cloro Cl_2, ossigeno O_2, acido cloridrico HCl, acqua H_2O, ammoniaca NH_3. Da queste formule si vede anche che nell'acqua un atomo di ossigeno è saturato da due atomi di idrogeno, e nell'ammoniaca l'azoto è saturato da tre atomi d'idrogeno: i chimici dicono che l'ossigeno è un elemento *bivalente* e l'azoto *trivalente* rispetto all'idrogeno che è *monovalente*.

E però in chimica non bisogna confondere la *valenza* (cioè la capacità di saturazione di un atomo d'un elemento con atomi d'idrogeno) con l'*affinità* o potenza di reazione che viene invece misurata dalla quantità di energia — per es. dal calore — che le sostanze sviluppano nel combinarsi. Come non vi è relazione fra l'altezza o il peso di una persona e la sua intelligenza o la sua forza o bellezza, così non vi è alcun rapporto fra la valenza e l'affinità degli elementi chimici. L'azoto trivalente è infatti un elemento alquanto indifferente rispetto a molte sostanze, mentre il fluoro, monovalente, ha una grandissima potenza di reazione per quasi tutte le sostanze.

* * *

Man mano che si scoprivano nuovi elementi, se ne derivavano numerose combinazioni e per lo studio di queste e per la deduzione di nuove leggi che servissero a collegare tutti i fenomeni che scaturivano dalle più svariate reazioni chimiche, diveniva necessario un ordinamento di tutto quel materiale che andava rapidamente accumulandosi.

La classificazione più razionale risulta dalla divisione degli elementi in rapporto alle loro proprietà fisiche e chimiche, ed a quelle dei loro derivati; così si formarono due gruppi principali di elementi: i *metalli* e i *metalloidi* che si distinguono dal loro aspetto esterno, dalla conducibilità elettrica e calorifica, dal carattere acido o basico dei derivati o ossigenati o idrogenati, ecc. La divisione non è ben netta perchè vi sono anche degli elementi che hanno alcune proprietà comuni all'uno o all'altro gruppo e nei loro composti si avvicinano ora più ai metalli ed ora più ai metalloidi.

Studiando poi i caratteri chimici delle combinazioni idrogenate e ossigenate gli elementi di ciascun gruppo si prestavano bene ad una suddivisione

in sottogruppi abbraccianti gli elementi a valenza eguale. E così i più importanti metalloidi risultarono divisi nei quattro sottogruppi seguenti:

monovalenti (alogeni),	*bivalenti*	*trivalenti*	*tetravalenti*
fluoro	ossigeno	azoto	carbonio
cloro	solfo	fosforo	silicio
bromo	selenio	arsenico	
iodio	tellurio	antimonio	

A lor volta i metalli più importanti vengono così divisi:

monovalenti	*bivalenti*	*trivalenti*	*tetravalenti*	*pentavalenti*
potassio	calcio	albuminio	stagno	niobio
rubidio	stronzio	gallio	germanio	tantalio
cesio	bario	indio	(piombo), ecc.	
sodio	magnesio	tallio, ecc.		
litio	zinco			
	mercurio			
	rame, ecc.			

La valenza però non è sempre costante e si hanno alcuni elementi nei quali varia assai, a seconda che questi si trovan uniti all'idrogeno o all'ossigeno, ecc. Così il cloro che è monovalente rispetto all'idrogeno diventa bi, tetra e anche eptavalente: l'azoto è tri, e pentavalente, ecc.

Fra tutti quegli elementi ve n'è uno che si distingue dagli altri, perchè è capace di dare delle diecine di migliaia di combinazioni; il *carbonio*, che entra come costituente essenziale in tutti i composti organici del regno vegetale e animale. Il carbonio infatti è un elemento generalmente tetravalente e mentre per se stesso, allo stato di carbone, è una sostanza alquanto indifferente — perchè le sue molecole sono formate da un aggregato assai stabile di moltissimi atomi — quando invece le molecole si disgregano e gli atomi cominciano a dare dei composti con altre sostanze, allora l'atomo di carbonio acquista una straordinaria e svariata potenza di reazione, non solo, ma diventa capace di saturare una parte delle proprie valenze con valenze di altri atomi di carbonio. Gli atomi di carbonio, nell'unirsi fra loro con una, due o tre valenze, formano delle catene di atomi di carbonio più o meno lunghe (da due sino a 60 atomi), nelle quali le valenze libere sono saturate ordinariamente, da idrogeno, da ossigeno o da azoto, più raramente da solfo, fosforo, alogeni, ecc. Ecco alcuni esempi:

CH_4 metano o gas delle paludi.

$H{-}C{\equiv}N$ acido cianidrico.

$\begin{matrix} H\diagdown & & \diagup H \\ H{-}C & {-} & C{-}H \\ H\diagup & & \diagdown H \end{matrix}$ (cioè C_2H_6) gas etano contenuto nel petrolio e anche nel gas illuminante.

$H{-}C{\equiv}C{-}H$ acetilene (C_2H_2).

$\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}{>}C{=}C{<}\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}$ etilene che abbonda nel gas illuminante.

$\begin{matrix} H\diagdown & & \diagup O{-}H \\ H{-}C & {-} & C{-}H \\ H\diagup & & \diagdown H \end{matrix}$ alcool etilico o spirito di vino.

$\begin{matrix} H\diagdown & & & & \diagup O \\ H{-}C & {-} & C{-}{-}C & {-} & C \\ H\diagup & & \wedge \quad \wedge & & \diagdown O{-}H \\ & & HH \; HH & & \end{matrix}$ ac. butirrico (cioè $C_4H_8O_2$ che si scrive anche così: $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2H$).

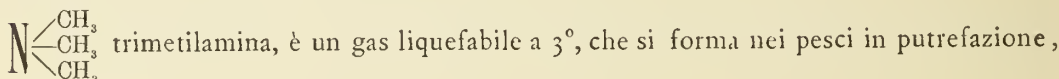
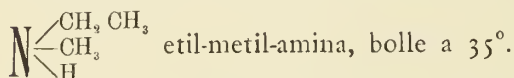
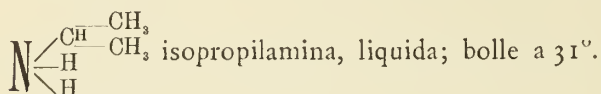
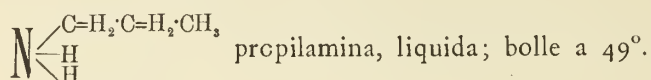
I composti che contengono atomi di carbonio legati fra loro da doppie o triple valenze, hanno a lor volta la proprietà di combinarsi facilmente con idrogeno, con bromo ecc. per trasformarsi in composti, cosidetti, saturi e più stabili, nei quali non vi sono doppie o triple legature.

Ma il numero dei composti organici è ancora aumentato per la differente maniera colla quale gli atomi sono concatenati fra loro; si conoscevano infatti dei composti che nella molecola contenevano lo stesso numero di atomi di carbonio, idrogeno e ossigeno, eppure avevano proprietà chimiche e fisiche differenti. Le differenze fra questi composti speciali, detti *isomeri*, si sono spiegate coll'ammettere una costituzione o una concatenazione differente degli atomi nell'interno della molecola; così per es. si conoscono quattro sostanze differenti che hanno la stessa grandezza molecolare e la stessa composizione C_3H_9N e solo colle seguenti formole di costituzione si può comprendere la differenza nelle loro proprietà chimiche e fisiche:

$N \begin{cases} C{=}H_2{\cdot}C{=}H_2{\cdot}CH_3 \\ H \\ H \end{cases}$ propilamina, liquida; bolle a 49°.

$N \begin{cases} CH \begin{cases} CH_3 \\ CH_3 \end{cases} \\ H \\ H \end{cases}$ isopropilamina, liquida; bolle a 31°.

$N \begin{cases} CH_2\,CH_3 \\ CH_3 \\ H \end{cases}$ etil-metil-amina, bolle a 35°.

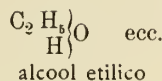
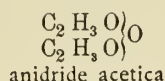
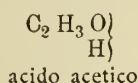
$N \begin{cases} CH_3 \\ CH_3 \\ CH_3 \end{cases}$ trimetilamina, è un gas liquefabile a 3°, che si forma nei pesci in putrefazione,

e di simili isomeri se ne contano a centinaia fra le sostanze organiche.

A queste spiegazioni e a questi concetti così chiari sulla costituzione delle sostanze organiche si giunse dopo una serie di pazienti lavori sperimentali che cominciarono cogli studi del *Gay-Lussac* nel 1815 sui composti del cianogeno e poi con quelli di *Liebig* e *Wöhler* nel 1832 e di *Bunsen* nel 1833 (sui composti del *cacodilo,* che sono derivati organici dell'arsenico), coi quali si intravvedeva nelle combinazioni delle sostanze organiche, l'inalterabilità di certi gruppi atomici, che passavano dalle sostanze reagenti nel prodotto della reazione, conservando gran parte delle loro proprietà caratteristiche. E così il *Dumas* ed il *Liebig* dal 1837 al 1847 poterono enunciare e sviluppare la *teoria dei radicali organici* illustrando con numerosi esempi l'esistenza di un gran numero di questi radicali. Successivamente il *Laurent* ed il *Gérhardt* ampliarono quegli studi e nel 1852 giunsero alla *teoria dei tipi* che poi contribuì tanto al progresso della chimica organica, illuminando quell'immenso cumulo di sostanze organiche, che da anni attendevano l'opera geniale di coordinazione per sgombrare la via a nuove e più importanti scoperte. Tutte le sostanze organiche si immaginavano derivate da pochi tipi semplici di sostanze inorganiche e precisamente dall'acido cloridrico, dall'acqua e dall'ammoniaca:

$$\left.\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\right\} \qquad \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N$$

Sostituendo in questi tipi uno o più atomi d'idrogeno con diversi radicali organici si spiegava la costituzione di tutte le sostanze organiche: l'acido acetico per es. si considerava come dell'acqua nella quale un atomo d'idrogeno era sostituito dal radicale acetico $C_2 H_3 O$, e l'anidride acetica conteneva due di questi radicali:

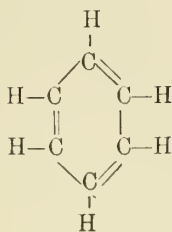
$$\left.\begin{matrix} C_2 H_3 O \\ H \end{matrix}\right\} \qquad \left.\begin{matrix} C_2 H_3 O \\ C_2 H_3 O \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} C_2 H_5 \\ H \end{matrix}\right\} O \quad \text{ecc.}$$

acido acetico — anidride acetica — alcool etilico

Più sopra abbiamo già visto come la trimetilamina ed i suoi isomeri si possono riferire al tipo ammoniaca $N \begin{smallmatrix} /H \\ -H \\ \backslash H \end{smallmatrix}$.

Dopo gli studi del *Frankland* e del *Kolbe* sulla valenza, nel 1856 il *Kekulé* introdusse un tipo importante: il *metano* o gas delle paludi $C \begin{smallmatrix} /H \\ -H \\ -H \\ \backslash H \end{smallmatrix}$, al quale si potevano riferire moltissimi composti organici che confermavano contemporaneamente la costante tetravalenza del carbonio e lasciavano intravvedere la possibile esistenza di tante altre sostanze che vennero realmente scoperte più tardi.

Il *Kekulé* nel 1865, in uno sguardo sintetico e geniale di numerosi altri composti organici, riuscì a scoprire un secondo tipo fondamentale al quale si potevano riferire tutte le altre sostanze organiche che non derivavano dal metano.

Egli trovò che gli atomi di carbonio possono unirsi fra loro formando anche delle catene chiuse o nuclei molto stabili, dai quali derivano centinaia e migliaia di altre sostanze. Il nuovo tipo del *Kekulé* è la *benzina* del catrame (detta anche benzolo o benzene) $C_6 H_6$ che sarebbe formata dal seguente nucleo a catena chiusa:

```
         H
         |
        /C\\
   H—C      C—H
     ||     |
   H—C      C—H
        \C//
         |
         H
```

Sostituendo parte o tutti gli atomi di idrogeno con altri elementi o gruppi inorganici o organici più svariati, si ottengono numerosissimi composti, fra i quali abbondano le materie coloranti naturali e artificiali e molte sostanze aromatiche e medicamentose.

*
* *

Ma ad onta di tutte le nuove teorie sulla costituzione dei composti organici nella concatenazione intermolecolare degli atomi, non si arrivava a comprendere come potessero esistere delle sostanze, che pur avendo la stessa composizione, la stessa grandezza molecolare, la stessa concatenazione degli atomi differissero ancora fra loro nelle proprietà fisiche e chimiche.

Si conoscevano cioè certe sostanze che davano un maggior numero di isomeri di quelli teoricamente prevedibili. Il *Pasteur* nel 1860 si trovò di fronte a 4 acidi tartarici, due dei quali erano già stati studiati dal *Berzelius* nel 1830, che avevan tutti la stessa costituzione chimica, ma pur differivano nettamente in alcune proprietà chimiche e più specialmente nel loro comportamento fisico: e così uno di questi acidi osservato in soluzione al polarimetro, deviava il piano della luce polarizzata a destra e un altro di quegli acidi la deviava a sinistra, mentre un terzo non aveva nessuna azione sulla luce polarizzata e il quarto era pure inattivo, ma però la sua inattività era solo apparente perchè era formato per metà da cristalli dell'acido destrogiro e per l'altra metà da cristalli dell'acido sinistrogiro. Quest'ultimi si potevano anche separare ed allora si osservava l'attività ottica. Già sin d'allora il *Pasteur* s'avvide che le solite formule scritte erano insufficienti a spiegare questi isomeri, e del resto bisognava pure ammettere che le grosse e complesse molecole organiche, dovessero occupare un certo volume nello spazio e i diversi gruppi componenti la molecola fossero disposti in varie posizioni e direzioni, sicchè non riusciva possibile rappresentare quei composti con delle formule sulla carta, cioè in un piano. E il *Pasteur* infatti cercava di spiegarsi questo genere di isomeria supponendo i diversi gruppi della molecola disposti asimmetricamente, per esempio in direzione di una spirale destrogira o sinistrogira. Nel 1873 *Wislicenus* scopriva diversi isomeri dell'acido lattico, in parte otticamente attivi, che dovevano essere spiegati cogli stessi concetti enunciati dal *Pasteur*.

Man mano però si scoprirono nuove sostanze che si comportavano analogamente e nel 1874 *van 't Hoff* e *Le Bel*, indipendentemente l'un dall'altro trovarono una spiegazione generale di questo fenomeno, che chiamarono di *stereoisomeria*, ammettendo che in queste sostanze vi fosse sempre almeno un atomo di *carbonio asimmetrico*, cioè congiunto a quattro altri gruppi differenti, distribuiti omogeneamente nella direzione dei quattro vertici di un tetraedro regolare, e l'atomo di carbonio asimmetrico si sarebbe trovato nel centro di questo tetraedro ideale. Per due stereoisomeri si avranno allora delle configurazioni non congruenti, come si osserva per la mano destra e la mano sinistra, o per la figura di un oggetto e la medesima, vista nello specchio; si hanno cioè disposizioni apparentemente eguali, ma non sovrapponibili, come si può vedere dalla figura qui unita, nella quale l'atomo di carbonio asimmetrico di due stereoisomeri si troverebbe nel centro di ciascun tetraedro e i quattro differenti gruppi di ciascun isomero si trovano agli spigoli di ciascun tetraedro, disposti in modo come se uno fosse la figura speculare dell'altro.

È naturale che con tutte queste speculazioni non si intende affatto che realmente in natura gli atomi di carbonio sian dei tetraedri e che le valenze formino dei tratti rigidi d'unione fra i diversi atomi. Sono degli artifici che giovano soltanto al chimico per interpretare più facilmente i diversi fenomeni che man mano studia per dedurne delle leggi generali.

Numerosi casi di stereoisomeria si hanno anche in composti organici che contengono due atomi di carbonio uniti fra loro con doppia legatura,

ed anche varie sostanze azotate formano degli stereoisomeri nei quali l'isomeria è dovuta all'atomo dell'azoto.

È stato coll'aiuto della stereochimica che *Emilio Fischer* a Berlino, insieme a numerosi suoi allievi, riuscì a spiegare la vera costituzione degli zuccheri. Siccome questi contenevano diversi atomi di carbonio asimmetrici così teoricamente si prevedevano numerosi stereoisomeri sin allora sconosciuti, e però in pochi anni essi vennero quasi tutti preparati artificialmente dal *Fischer*, portando così un nuovo ed importante contributo in sostegno delle basi positive della chimica moderna, che permettono di prevedere l'esistenza di sostanze che quando poi vengono preparate, hanno proprietà chimiche e fisiche corrispondenti a quelle preconizzate.

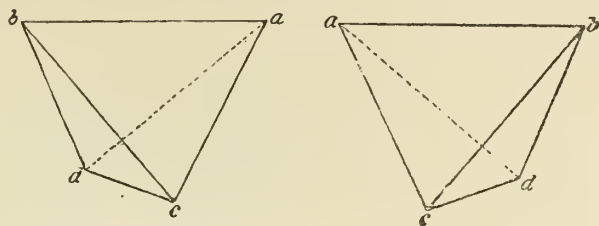
Tetraedri non congruenti, che servono per spiegare la stereoisomeria e rappresentano due atomi di carbonio uniti a quattro gruppi chimici (*a*, *b*, *c*, *d*), distribuiti in posizione diversa nei due tetraedri, in modo che i corrispondenti gruppi non sono più sovrapponibili.

Oggi si è riusciti persino a prevedere il sapore, l'odore, il colore di sostanze nuove; si può con molta probabilità affermare che una sostanza che nella molecola conterrà certi gruppi chimici in date posizioni, avrà anche determinate azioni fisiologiche, per es. ipnotiche, febbrifughe, antisettiche, ecc.

Per mezzo dell'*analisi* chimica si può determinare la composizione delle diverse sostanze, anche le più complesse; si possono distinguere e separare i gruppi che costituiscono le loro molecole e poi, da questo lavoro di demolizione o semplificazione, si può passare a quello di ricostruzione, riunendo cioè di nuovo quei componenti più semplici (ottenuti magari per altre vie o da altre sostanze) per ricostruire il complesso prodotto primitivo. Questa ricostruzione, che i chimici chiamano *sintesi*, ha permesso di preparare in laboratorio prima, e nell'industria poi, anche diversi prodotti che venivano forniti solo dagli organismi viventi: vegetali ed animali.

E così crollava ancora un altro pregiudizio che dominò per tanti secoli in tutte le scienze, secondo il quale le sostanze organiche non potevano venir preparate se non col concorso della forza vitale. Dopo il primo colpo dato dal *Wöhler* nel 1828 a questa forza misteriosa, colla preparazione sintetica dell'*urea*, fu un succedersi ininterrotto di sintesi sempre più meravigliose: da quella dell'acetilene, preparato nel 1849 dal *Berthelot*, facendo scoccare l'arco voltaico fra due carboni in un'atmosfera d'idrogeno, alla sintesi dell'alcool proveniente dall'acetilene; dalla sintesi dei più brillanti colori artificiali ricavati dai prodotti di decomposizione del lurido catrame e che nessuna tavolozza di pittore ha mai potuto creare, a quella dei profumi più delicati che la natura stessa non ci seppe mai dare.

E alle numerose sintesi si aggiunse la razionale lavorazione dei rifiuti che le varie industrie rigettavano come inutilizzabili, ricavandone alimenti concentrati: dai fosfati al glutine, agli albuminoidi e ai peptoni, che ridanno salute e robustezza ai malati ed ai deboli e costituiscono una vera risorsa nella medicina e nella alimentazione. Dalla natura morta la chimica assur-

geva alle forme più elevate della vita organica, cancellando le speciose divisioni che tenevano separati i tre grandi regni della natura: il minerale, il vegetale e l'animale. Tutte le forze che in essi si esplicano si possono sempre ricondurre alle forme fondamentali dell'energia chimica e fisica!

Il *Berthelot* enumerando le conquiste che la chimica fece in tutti i campi: dall'arte all'industria e alla medicina, predice che il suo avvenire sarà ancor più grande del suo passato.

Essa compirà una vera rivoluzione nel mondo, risolvendo tutti quei problemi, economico-sociali che oggi preoccupano e affliggono l'umanità.

Il problema della alimentazione, è già risolto come principio: la sintesi dei grassi e degli olii è realizzata da ben cinquant'anni, quella degli zuccheri e degli idrati di carbonio è ormai compiuta, mentre quella importantissima dei corpi azotati (albuminoidi, ecc.), per quanto difficile è già stata iniziata.

Federico Wöhler

Nato il 31 Luglio 1880 a Eschersheim (Francoforte) e morto il 23 Settembre 1882 a Gottinga dove insegnò per oltre 45 anni. Fu allievo di Berzelius, scoprì molte sostanze organiche ed inorganiche e scrisse pregevoli opere di chimica che si distinguevano anche per la grande chiarezza di esposizione.

In un'epoca non lontana, non vi saranno più — afferma il *Berthelot* — nè agricoltura, nè pastorizia, nè dogane, nè guerre, nè confini bagnati di sangue umano: l'uomo guadagnerà nei costumi e nella moralità, perchè cesserà di vivere col macello e la distruzione delle creature viventi. Gli basterà una tavoletta di materia azotata, un pezzo di materia grassa, un pezzetto di fecola o di zucchero, una fiala di spezie aromatiche, tutti *cibi* fabbricati economicamente e in quantità inesauribili nelle officine chimiche dell'avvenire!

Tutto ciò sembrerebbe fantasia, se la storia del progresso umano non avvertisse che alla scienza quasi tutto è possibile, se tante scoperte che hanno del miracoloso, non dassero il diritto ad un forte cultore della scienza, come il *Berthelot*, di fare i più audaci sogni.

A questo poderoso lavoro di creazione, che ha condotto ai più grandiosi e più imprevisti progressi industriali ed agricoli in questi ultimi 50 anni, vi contribuirono i più valenti chimici del secolo XIX dal *Liebig* all'*Hofmann*, dal *Wöhler* al *Kolbe*, dal *Berthelot* al *Moissan*, dal *Boussingault* al *Würtz*, dal *Bunsen* al *Baeyer*, dal *Cannizzaro* al *Körner* e al *Ciamician*, dal *Roscoe* al *Ramsay*, dall'*Andrews* al *Dewar*, dal *vant Hoff* all'*Ostwald* e a tanti altri ancora che costituiscono il grande esercito dei benemeriti pionieri della *vera civiltà*.

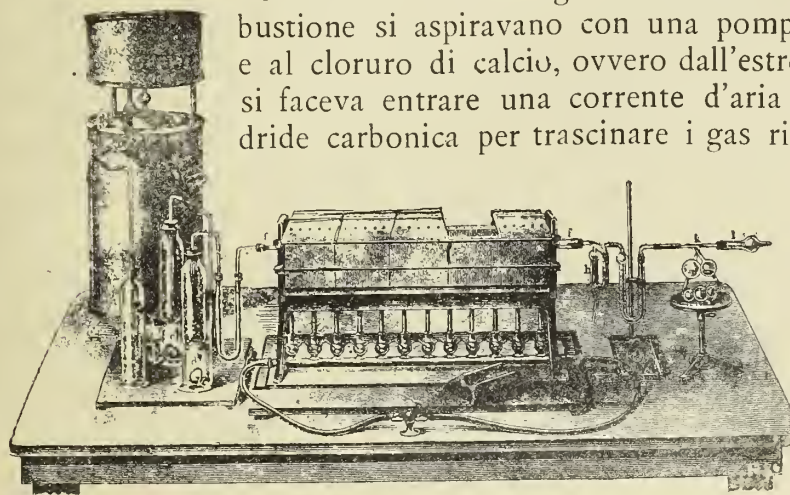
*
* *

I processi e gli apparati usati dai chimici per l'analisi delle sostanze organiche sono relativamente semplici, ma per ottenere dei risultati rigorosi richie-

dono il concorso di strumenti di precisione: dai termometri ai barometri, alle bilancie, agli areometri, ecc.

Il primo metodo razionale e completo per l'analisi delle sostanze organiche lo dobbiamo al *Liebig*, che nel 1830 l'aveva già abbastanza perfezionato da poter determinare con sicurezza la quantità degli elementi costituenti qualunque sostanza organica. Per conoscere la quantità di ossigeno, idrogeno e carbonio, per fare cioè l'*analisi elementare*, si bruciava completamente un dato peso di sostanza organica in un tubo di vetro, mescolandola con delle sostanze ossidanti, quali l'ossido di rame, che a caldo cede ossigeno e trasforma tutto il carbonio in anidride carbonica e tutto l'idrogeno in acqua. Fissando l'anidride carbonica in un apparecchio di vetro a bolle *m* pesato (vedi figura), contenente una soluzione di soda caustica, e assorbendo l'acqua in un tubo tarato contenente del cloruro di calcio secco *b*, dall'aumento di peso di questi due apparati si deduceva la quantità d'anidride carbonica e d'acqua proveniente da un dato peso di sostanza bruciata. Con un semplice calcolo si passava poi al percento di carbonio e d'idrogeno, e per differenza si aveva la quantità di ossigeno.

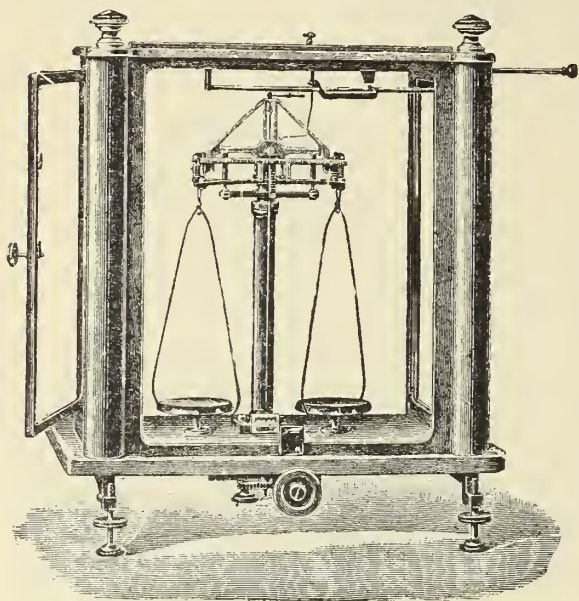
Primo fornello a carbone ed apparato ideato dal Liebig per l'analisi elementare delle sostanze organiche.

Le ultime tracce dei gas che rimanevano nel tubo a combustione si aspiravano con una pompa attraverso alla soda e al cloruro di calcio, ovvero dall'estremità opposta del tubo si faceva entrare una corrente d'aria secca e priva di anidride carbonica per trascinare i gas rimasti negli apparecchi di assorbimento.

Fornello a gas e apparato moderno per l'analisi elementare delle sostanze organiche.

La figura sopra illustrata rappresenta uno dei primi apparati del *Liebig*, quando nei laboratori chimici non si aveva ancora il gas illuminante ed il riscaldamento del tubo si faceva con carbone sopra una lamiera di ferro concava con fondo a griglia. Nell' altra figura si vede pure illustrato un forno lungo circa un metro per l' analisi elementare dei composti organici come si usa nei più moderni laboratori delle nostre università ed anzi oggi al riscaldamento a gas si va man mano sostituendo il riscaldamento elettrico, più facilmente e più esattamente regolabile.

In queste analisi si parte da minime quantità di sostanza (pochi decigrammi) e però tutte le pesate vengono fatte con delle bilancie delicatissime che indicano con tutta sicurezza anche il decimo di milligrammo e vengono fabbricate da pochi stabilimenti in Europa, ai quali sono addetti

degli operai meccanici espertissimi e dei fisici per il controllo rigoroso di tutte le parti e dell'insieme (Vedi figura).

Naturalmente quando si ha la composizione centesimale di una sostanza organica si è ancora ben lungi dal conoscere la sua vera costituzione. A questa si arriva con altri svariati saggi fisici e chimici, che servono a precisare la qualità e il numero dei diversi gruppi che entrano nella sua molecola; con apposite reazioni si cercano i gruppi alcoolici, i gruppi acidi, i residui dell'ammoniaca o dell'acido nitrico, gli alogeni o i metalli, le doppie o le triple legature e la loro posizione. È questo un lavoro difficile, paziente e sovente lunghissimo, che richiede talvolta dei mesi o anche degli anni di tempo, e al quale si dedicano specialmente gli scienziati ed i chimici più distinti.

Bilancia di precisione per le analisi chimiche, sensibile sino al decimo di milligramma.

*
* *

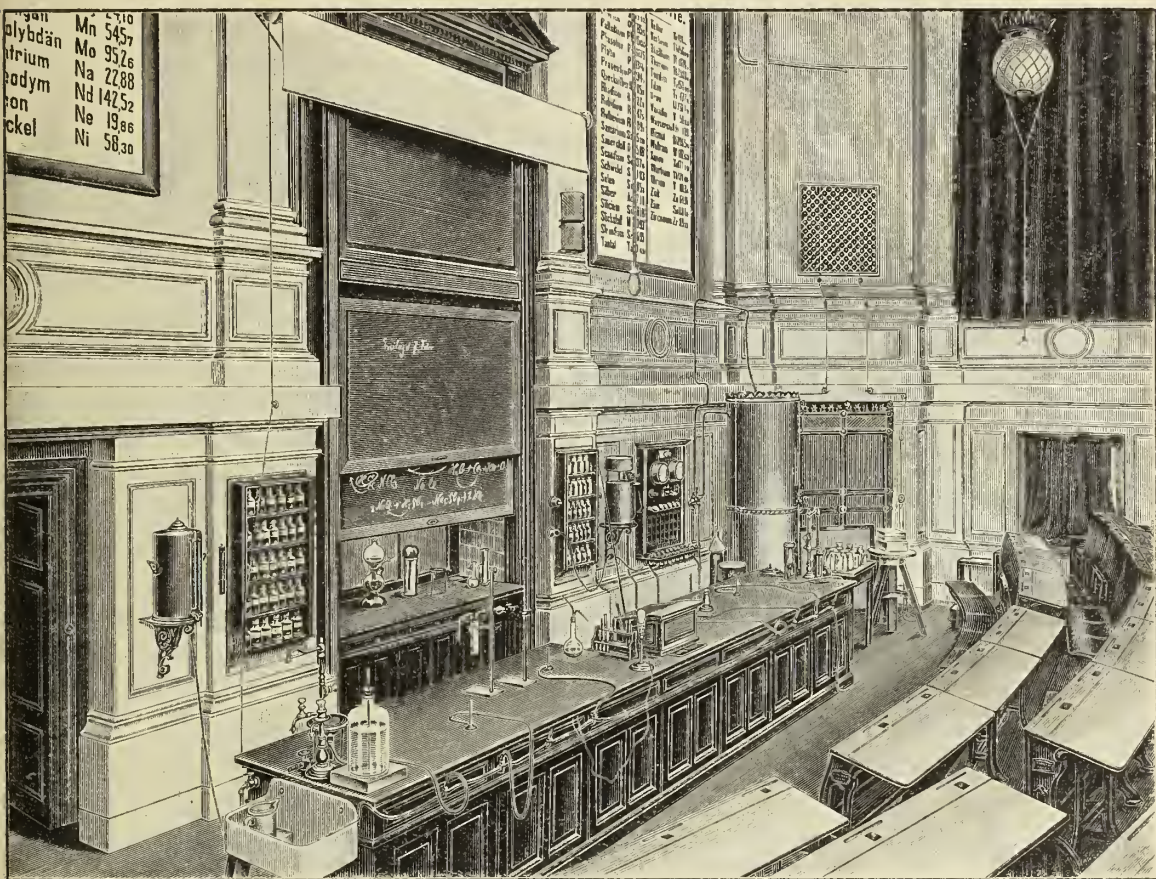
Ma la chimica teorica ha trovato un altro valido aiuto negli studi *termochimici* che si son fatti dopo il 1850 e che han servito a mantenere questa scienza sopra un terreno positivo, controllandone tutti i risultati e tutte le nuove scoperte con rigore matematico.

Abbiamo più addietro ricordato che la valenza e l'affinità delle sostanze sono due proprietà ben distinte. L'*affinità chimica* è una delle forme dell'energia, che nei fenomeni chimici si può misurare dalla quantità di calore che viene sviluppato o assorbito durante una reazione.

Le equazioni chimiche che abbiamo sinora incontrate non rappresentano completamente la reazione chimica; in esse si tien solo conto del bilancio ponderale delle sostanze che reagiscono, ma non del bilancio energetico che deve soddisfare pure alla legge fondamentale della natura, quella cioè della conservazione dell'energia.

L'energia chimica è di somma importanza non solo nelle esperienze di laboratorio, ma anche e specialmente nell'economia della natura. Il carbone che noi troviamo oggi accumulato nelle profonde viscere della terra non è altro che dell'energia calorifica solare di migliaia d'anni addietro, trasformata in energia chimica dai vegetali di quell'epoca e ridotta poi col tempo in benefico e prezioso magazzeno durevole che noi man mano andiamo oggi utilizzando per riottenere calore ed altre forme di energia. Ma l'energia chimica non è soltanto una forma *durevole* di energia, ma anche una forma, diremmo quasi, *concentrata* di energia, perchè per esempio con pochi grammi di dinamite noi possiamo oggi frantumare delle rocce e perforare delle montagne producendo un lavoro che richiederebbero altrimenti il concorso di mi-

gliaia di operai durante lunghi anni. Se si potesse trasformare completamente il calore di combustione di un solo grammo d'idrogeno in lavoro meccanico, si potrebbe smuovere e portare all'altezza di un metro un peso di 14 000 chilogrammi!

Nella ordinaria equazione chimica che esprime la combinazione dell'idrogeno coll'ossigeno per formare acqua: $H_2 + O = H_2 O$ non è messo in evidenza l'enorme sviluppo di calore che accompagna questa reazione; non si tien conto cioè del bilancio termico. Se in una combinazione chimica si sviluppa del calore (*reazione esotermica*), l'energia interna delle sostanze for-

Grande aula di chimica del Politecnico di Zurigo.

mate deve essere inferiore a quella delle sostanze reagenti e precisamente di una quantità corrispondente al calore sviluppato e che costituisce la cosidetta *capacità calorifica* di quel processo chimico. Per decomporre la nuova sostanza così formata, per ritornare cioè a quelle di prima, bisognerà somministrare almeno tanto calore quanto se ne è svolto nella combinazione. — Alcune reazioni chimiche avvengono solo con assorbimento cioè, con aggiunta di calore (*reazioni endotermiche*) e in tal caso si formano delle sostanze che resistono alle temperature più elevate senza decomporsi.

La quantità di calore che si sviluppa in una reazione si misura in *calorie* e una caloria non è altro che la quantità di calore necessaria per scaldare un

grammo d'acqua da o a 1°. Talvolta si usa la cosidetta *grande caloria* che si riferisce ad un chilogrammo d'acqua e vale allora mille piccole calorie.

Gli strumenti per queste misurazioni termochimiche sono i *calorimetri* che vennero perfezionati dai due celebri fondatori della termochimica: il *Thomson* e il *Berthelot*. La *bomba* o *calorimetro* del Berthelot, modificata dal *Mahler*, come è illustrata nel capitolo della fisica, è oggi usata nei principali laboratori. La reazione chimica si fa avvenire in un recipiente chiuso di ferro platinato o smaltato, provocando eventualmente l'accensione colla scintilla elettrica e facendo assorbire il calore sviluppato da un certo volume d'acqua, del quale si misura esattamente la temperatura prima e dopo la reazione.

Berthelot (Eugenio, Pietro, Marcello) nato a Parigi il 29 ottobre 1827 e ancora oggi professore di chimica al Collège de France. Contribuì molto al progresso delle sintesi organiche e della termochimica. Scrisse molte opere importanti di chimica e la storia dell'alchimia.

I primi studi termochimici rigorosi risalgono all'*Hees* nel 1840 (in Russia) e vennero continuati in Francia sino al 1850 da *Favre* e *Silbermann* e poi dal *Thomsen* a Copenaghen e dal 1865 ad oggi dal *Berthelot* in Francia, con una schiera di illustri allievi che divulgarono quegli studi in tutte le nazioni.

Studiando e controllando, coi processi termochimici, le numerose reazioni di sostanze inorganiche ed organiche, si giunse a delle nuove leggi generali che il Berthelot ha formulate nel seguente modo: 1.° *Il lavoro chimico e fisico in un processo chimico è misurato dal calore sviluppato o assorbito.* 2.° *Se una data reazione chimica avviene in una sola fase, o gradatamente in più fasi, il calore complessivo che si sviluppa in un caso o nell'altro è sempre eguale:* infatti bruciando del carbone in ossigeno se si forma direttamente biossido di carbonio si sviluppano 97000 calorie, se invece si forma prima ossido di carbonio si sviluppano 29150 calorie e bruciando quest'ossido, per formare del biossido, si ottengono altre 67850 calorie; complessivamente dunque in queste due fasi della reazione abbiamo ancora 97000 calorie come nella formazione diretta del biossido di carbonio. 3.° *Se sono in presenza diverse sostanze reagenti, che potrebbero dar origine a combinazioni svariate fra queste si forma sempre a preferenza quella nella quale si ha il massimo sviluppo di calore.* Infatti nelle condizioni ordinarie si forma a preferenza del biossido di carbonio in confronto al monossido quando il carbone brucia con sufficiente quantità di aria.

In questi ultimi tempi si rilevarono però diverse eccezioni alle leggi termochimiche, specialmente alla terza legge, e tutte vennero spiegate coi bellissimi studi di *Guldberg e Waage*, di *Jellet* e di *van't Hoff*, colla importantissima *legge sull'azione delle masse* che si lega lontanamente ai concetti espressi nel 1803 dal

Berthollet, e serve oggi di base matematica allo studio dell'equilibrio delle reazioni chimiche. Una delle eccezioni più interessanti era quella della formazione di anidride solforosa (SO_2), in luogo di anidride solforica (SO_3), nella combustione dello zolfo all'aria. Secondo la legge termochima dovrebbe formarsi solo SO_2 perchè l'anidride solforica ha un calore di formazione superiore ad SO_3, ma in realtà nelle condizioni ordinarie si forma quasi esclusivamente anidride solforosa perchè la reazione fra SO_3 e ossigeno dell'aria è *invertibile:* $SO_2 + O \rightleftarrows SO_3$ cioè l'SO_3 man mano che si forma si decompone in $SO_2 + O$ e l'equilibrio di questa reazione è regolato dalla legge delle masse, che spiega come solo in condizioni ben determinate possa formarsi SO_3.

*
* *

Prima di chiudere questo capitolo sui progressi della chimica teorica nel XIX secolo, credo utile ricordare un'altra scoperta che aprì nuovi orizzonti agli studi fisici e chimici in questi ultimi cinquanta anni. Voglio cioè ricordare i lavori del *Bunsen* e dei suoi allievi sulla *spettroscopia*.

Già il *Newton* aveva osservato lo spettro della luce bianca, quando questa passa attraverso ad un prisma: essa viene decomposta in diversi colori, che vanno dal rosso al violetto. Lo spettro colorato venne studiato dal *Faucault* dal *Talbot*, dal *Wheatstone,* dal *Fraunhofer* e da tanti altri, ma un lavoro sistematico di ricerche, in relazione agli spettri prodotti dalle diverse sostanze allo stato incandescente, fu iniziato solo dal *Bunsen* insieme al *Kirchhoff* nel 1859 all'Università di Heidelberg e condusse a dei risultati veramente sorprendenti.

Berthollet (Claudio, Luigi), nato il 9 Dicembre 1748 a Anneey (Savoia) e morto il 16 Novembre 1822 ad Arcueil, presso Parigi. Contribuì grandemente al progresso della chimica e dell'industria e fu fra i primi ad accettare le nuove teorie del Lavoisier.

La luce emessa dai gas incandescenti è diversa da quella emessa dai liquidi e dai solidi o dagli stessi gas liquefatti, e siccome è formata da poche onde luminose di determinata lunghezza, quando passa attraverso ad un prisma dà uno spettro scuro solcato da poche linee luminose, colorate e caratteristiche per ogni sostanza ed occupanti anche una determinata e costante posizione nello spettro stesso. Questi sono i cosidetti *spettri di emissione.*

Se però i raggi emessi dai gas incandescenti, prima di entrare nel prisma, si fanno attraversare una sorgente di luce bianca, allora si ottiene il cosidetto *spettro di assorbimento*, cioè lo spettro continuo luminoso e variamente colorato della luce bianca solcato da linee oscure. Queste linee oscure occupano, per gli stessi gas, la medesima posizione delle linee luminose dei corrispondenti spettri di emissione.

Per questi studi, Bunsen a Kirchhoff e successivamente tutti gli altri, si servirono dello *spettroscopio* (vedi figura) come si trova illustrato e spiegato ormai su tutti i trattati di fisica.

Le linee scure degli spettri d'assorbimento vennero dapprima osservate da *Wollaston* nello spettro solare, e studiate poi e caratterizzate da *Fraunhofer*. Esse ci permettono di conoscere con sicurezza l'esistenza di molte sostanze che nel sole sono allo stato di gas incandescenti e però le numerose linee scure dello spettro solare non corrispondono tutte a sostanze a noi note, anzi nello spettro solare mancano le linee corrispondenti ad alcuni elementi che sono abbondantissimi sulla terra, quali il carbonio, l'ossigeno e l'azoto. Questo fatto però non sarebbe sufficiente ad infirmare la teoria di

Moderno laboratorio chimico per studenti in una università germanica.

Kante e *Laplace* sulla origine della terra da una grande nebulosa solare. Infatti nel nucleo solare si hanno delle temperature così elevate che forse gli atomi di alcune sostanze sono ulteriormente dissociati in particelle ancor più piccole, sicchè in luogo delle linee del carbonio, ossigeno ed azoto se ne hanno altre a noi sconosciute. Con sicurezza invece vennero riscontrate nel sole per mezzo dello spettroscopio le seguenti sostanze semplici delle quali per brevità diamo solo il simbolo (vedi tabella pag. 27): Ca, Fe, Na, Ba, Cr, Ni, H, Zn, Co, Ti, Mn, Al, Sr, Ce, Cd, Pb, U, W, Mo, Pd; sono invece ancora incerte le seguenti sostanze; Ag, Be. La, Y, In. Rb, Li, Bi, Sn.

L'analisi spettroscopica ha servito al Bunsen ed ai suoi allievi a scoprire nuovi elementi, ed ha giovato immensamente nell'analisi delle miscele di diverse sostanze, perchè è di una sensibilità straordinaria e permette di constatare la presenza di traccie minime di sostanze. Collo spettroscopio si può infatti ancora svelare $\frac{1}{3}$ di bilionesimo di grammo di sodio!

*
* *

Gli studi spettroscopici sono interessanti anche pel contributo che essi portarono all'ipotesi dell'*unità della materia*. Questa ipotesi era stata formulata nel 1815 dal medico inglese *W. Prout*, il quale, basandosi sui pesi atomici allora conosciuti, aveva supposto che l'idrogeno, come la sostanza più leggera e dal peso atomico più piccolo, fosse la materia prima ed unica dalla quale sarebbero derivate tutte le altre sostanze, per semplice condensazione di un numero vario di atomi d'idrogeno, che avrebbero così costituito gli atomi delle altre sostanze credute semplici.

Senonchè, il *Berzelius* prima e lo *Stas* poi, dimostrarono che tale ipo-

La signora *Sklodoroska Curie* e il signor *Curie*, gli scopritori del radio (1889).

tesi non poteva esser accettata, perchè il peso atomico degli altri elementi non era un multiplo esatto e intero del peso atomico dell'idrogeno. Mettendo eguale ad 1 il peso atomico dell'idrogeno, quello degli altri elementi non risultava formato da numeri interi, ma bensì quasi sempre da numeri frazionari (vedi tabella a pag. 27).

Era però troppo attraente l'ipotesi dell'unità della materia per esser abbandonata così facilmente e agli strenui suoi primi sostenitori *Meinecke*, *Thomson*, *Dumas e Marignac*, se ne aggiunsero dei nuovi: l'*Ostwald* riferendo in modo più razionale i pesi atomici all'ossigeno fatto eguale a 16, dimostrò che per buona parte degli elementi il peso atomico era allora rappresentato da un numero intero (vedi tabella) e così si ridava valore all'ipotesi dell'unità della materia. E questa diveniva ancor più probabile cogli studi spettroscopici del *Ciamician* e del *Grünwald* e specialmente con quelli più recenti del *Kayser* che

misero in evidenza le relazioni fra le costanti spettroscopiche degli elementi ed i loro pesi atomici.

Le importanti osservazioni di *Lockyer* sugli spettri dei corpi celesti fanno pure credere ad una decomposizione graduale degli elementi in rapporto alle temperature elevatissime alle quali sono sottoposti. E cogli studi sulle terre rare della cerite, anche il *Crookes* giunse ad un'ipotesi della evoluzione degli elementi in modo da poterli tutti riferire ad una materia prima, ch'egli chiamò *protile*.

Ma il più grande appoggio all'ipotesi dell'unità della materia è stato portato recentemente dalla scoperta delle sostanze radioattive studiate da *E. Becquerel*, e più precisamente del *radio*, scoperto dai coniugi *Curie*, e costituito da *elettroni*, cioè da particelle almeno 2000 volte più piccole dell'ione idrogeno e muoventisi con una velocità di 60.000 chilometri al secondo. E la trasformazione lenta del radio in elio, constatata dal *Ramsay* collo spettroscopio, sarebbe la riprova che la materia è probabilmente costituita da particelle ben più piccole che non l'atomo chimico che si trova libero nelle ordinarie reazioni chimiche. Quelle minime particelle affette da grandi cariche elettriche si sarebbero gradualmente raggruppate in vario numero sviluppando enormi quantità di energia e formando dei sistemi più complessi e più stabili che forse costituiscono gli atomi delle sostanze elementari che oggi conosciamo e che non ci riesce più di decomporre nè di trasformare gli uni negli altri (come sognavano gli alchimisti), perchè non ci è possibile ridare a quegli atomi complessi la straordinaria quantità di energia che abbisognano per rigenerare gli elettroni.

Cura del lupus col mezzo del radio.

III.

Le applicazioni della chimica nel XIX secolo.

Seguire i progressi della chimica e delle sue conquiste industriali nell'ordine cronologico col quale si sono seguite, ci condurrebbe ad uno studio disordinato del farragginoso ed immenso materiale che si è andato accumulando in un secolo di lavoro intenso ed ininterrotto.

Meglio sarà per la chiarezza dell'esposizione e per poter restare entro gli stretti limiti di spazio assegnatici, di disporre il materiale con un certo ordine, che, senza corrispondere ad una rigorosa classificazione chimica, ci permetta di raccogliere in diversi gruppi le più importanti industrie che nacquero o si svilupparono coll'aiuto della chimica.

Ecco intanto con quale ordine tratteremo dei diversi prodotti della grande industria chimica:

A.) Industrie dei prodotti inorganici.

1) *Industrie dei sali, degli acidi e degli alcali*
2) » *elettrochimiche* (fosforo, soda caustica, clorati, ipocloriti, carburi, rame, alluminio, ecc.)
3) » *dei concimi chimici*
4) » *delle calci, dei cementi, materiali da costruzione, vetri e porcellane*
5) » *dei gas liquefatti e delle basse temperature*
6) » *mineralurgiche e metallurgiche* (solfo, ferro, ecc.)
7) » *varie* (fotografia, ecc.).

B.) Industrie dei prodotti organici.

1) *Combustibili e materie illuminanti* (carboni, petrolio, gas illuminante, acetilene, ecc.)
2) *Industrie della fermentazione* (alcool, vino, birra, ecc.)
3) *Esplosivi*
4) *Acidi organici* (acetico, tartarico, citrico, stearico e candele, oleico e saponi, ecc.)
5) *Grassi, olii, caseificio.*
6) *Lucido, carta, zucchero, colla, concia*, ecc.
7) *Materie coloranti* (artificiali del catrame)
8) *Fibre tessili* (cotone, lana, seta, sbianca, tintura e stampa)
9) *Alcaloidi e medicamenti*
10) *Profumi* (artificiali).

Di ogni industria seguiremo rapidamente i progressi cercando di mettere in evidenza, possibilmente coll'aiuto anche di illustrazioni, il suo stato all'inizio e all'epoca nostra, fissando l'importanza di ciascuna con alcuni dati statistici. In Italia l'industria chimica è assai poco sviluppata e solo in questi ultimi venticinque anni ha acquistato una discreta importanza, che è ben lungi dal raffigurarci cosa sarà il suo avvenire. Il nostro paese, anche essendo povero di combustibile, indispensabile allo sviluppo di ogni grande industria, ha pur sempre numerose e cospicue cascate d'acqua che, se verranno razionalmente utilizzate, potranno contribuire notevolmente allo sviluppo di questa nuova fonte di ricchezza e di civiltà.

E la storia della grande industria chimica è molto più vicina al secolo XX che non al XVIII, e se in poche decine d'anni essa ha raggiunto un sì considerevole sviluppo, non possiamo certo parlare ancora di una parabola discendente, ma solo di un'alba meravigliosa, dalla quale forse si attendono, nel secolo XX, i prodigi di un meriggio che mente umana non può tampoco prevedere.

Valgano alcune cifre a riprova di quanto abbiamo detto, e se per l'Italia questa statistica dice che da noi siamo ancora all'inizio, per la Germania invece essa dimostra che in pochi anni l'industria chimica ha assunto uno sviluppo così importante da spiegare la floridezza economica di quella nazione che è pur sempre in via di continuo progresso.

Infatti la Germania nel 1882 occupava nella fabbricazione dei diversi prodotti chimici (acidi, medicinali, colori, esplosivi, concimi, ecc.) circa 71.700 operai, nel 1895 ne occupava 115.000 e nel 1901 altre 156.000 con un salario medio di 1270 lire all'anno. I prodotti chimici fabbricati in Germania nel 1905 rappresentano un valore che supera i 1.300 milioni di lire dei quali circa $^{2}/_{3}$ sono dovuti a un consumo interno e un terzo circa all'esportazione in tutte le parti del mondo. Nel 1880 la Germania esportava per 250 milioni di lire di prodotti chimici e nel 1898 per oltre 425 milioni.

In Italia le nostre diverse industrie di prodotti chimici occupavano nel 1902 circa 7200 operai in 426 stabilimenti e produssero per un valore di 66 milioni di lire, dei quali sono da attribuirsi 28 milioni alla industria dei concimi chimici, la quale nel 1893 produceva solo per 8 milioni di lire di perfosfati ed altri concimi.

Merita di rilevare per l'Italia la produzione di altre industrie che non sono strettamente chimiche, ma colla chimica hanno tuttavia qualche attinenza. E così nelle diverse miniere italiane nel 1902 erano occupati ben 62.000 operai, dei quali oltre 35.000 nelle solfare e nelle solfatare con un salario medio di 600 lire annue. Il valore dei minerali estratti s'avvicinò ai 78 milioni di lire, dei quali 42 milioni per solo minerale di solfo. Gli stabilimenti metallurgici e mineralurgici italiani nello stesso anno occupavano 36.500 operai, producendo 220 milioni di lire di vari prodotti (escluso il solfo). A ciò bisogna aggiungere un milione e mezzo di quintali di zucchero del valore di circa 85 milioni di lire, prodotti in 34 grandi stabilimenti sorti in questi ultimi anni.

Vogliamo ricordare anche l'importanza dei cosidetti prodotti delle fornaci, e cioè calci, cementi, laterizi, maioliche e terraglie, vetri, ecc., che complessivamente occupano 95.000 operai e producono per quasi 120 milioni di merce, dei quali circa 42 milioni son dovuti a laterizi (mattoni, tegole, ecc.), 13 milioni alla calce, 13 milioni alle calci idrauliche e cementi, 13 milioni alle maioliche e terraglie e 17 milioni ai vetri e cristalli diversi.

Importanti per noi sono pure i prodotti delle cave (marmo, arenarie, calcare, tufo, lava, amianto, barotina, terre coloranti, ecc.) che però si staccano quasi completamente dalle industrie chimiche, ed occupano ben 58.000 operai e mettendo sul mercato per 40 milioni di lire di prodotti vari, dei quali 16 milioni pel solo marmo.

E certamente le nostre industrie, specialmente quelle chimiche, che solo in questi ultimi anni hanno avuto un notevole incremento, non si sarebbero trovate per tanti decenni alla coda delle altre nazioni se l'insegnamento tecnico nelle nostre scuole superiori non fosse stato tanto deficiente e se il nostro Paese non fosse stato tributario di gran parte del combustibile, indispensabile alla vita della grande industria moderna. Ancor oggi l'Italia importa 5.400.000

tonnellate di carbone. Se però si saprà vincere l'empirismo ancora troppo diffuso, e se verranno opportunamente migliorate le nostre scuole superiori e si rivolgeranno gli sforzi all'incremento delle vere industrie che hanno la loro ragione di vita nelle condizioni naturali del nostro Paese e non nel privilegio di assurde protezioni, l'Italia potrà in pochi anni guadagnare il tempo perduto e mettersi a pari delle nazioni più progredite.

Industrie dei prodotti inorganici.

1) Sali acidi e alcali.

Le materie prime naturali che servono come punto di partenza per le industrie chimiche più importanti, sono i *sali*, dei quali la natura ce ne fornisce una svariata collezione e di alcuni anzi un' inesauribile quantità. Dai sali, con operazioni semplici, si arriva agli acidi ed agli alcali, e con questi tre prodotti si derivano poi le innumerevoli sostanze, più o meno importanti nell'economia sociale, che vengono create dalle odierne industrie chimiche, col concorso dell'ingegno d'un esercito di valenti tecnici e del macchinario perfezionato che la meccanica ci fornisce.

Sali.

Cloruro di sodio (NaCl). Se togliamo il *sale marino*, che l'Italia, per la sua posizione geografica, può procurarsi con poca spesa ed in quantità illimitata dai mari che la circondano, la natura fu con noi avara di quelle materie prime che formano la ricchezza di altre nazioni e dalle quali presero origine le più fiorenti industrie chimiche. E neanche il cloruro di sodio, che il mare ci regala, può essere da noi vantaggiosamente e largamente usato, in causa della povertà di combustibile del nostro paese e in parte anche pel fiscalismo esagerato che pesa come una cappa di piombo su tutto il nostro debole organismo industriale, incagliandone talvolta il progresso, o creando un'ostacolo insormontabile al sorgere o all'estendersi di tante industrie.

Stratificazione di Salgemma.

Ma se da ciò può venirne un danno all' economia nazionale, ben più gravi sono le conseguenze che risultano da un insufficiente consumo di sale da parte delle nostre popolazioni. Il consumo medio di sale per ogni abitante si può dedurre dal seguente eloquentissimo specchietto che ci fa vedere il consumo annuo complessivo (industria, agricoltura e alimentazione umana) nelle diverse nazioni

riferito ad ogni abitante nel 1896; e così si vede anche la quantità media che ogni abitante consuma all'anno per uso alimentare, e il prezzo per Kg. del sale da cucina nei diversi paesi:

		Consum. tot.;	*per aliment*;	*prezzo*			*Consum. tot.*;	*per aliment.*	*prezzo*
Inghilterra	Kg.	44	12.5	0.11	Svizzera	Kg.	16.5	—	0.20
Belgio	»	34	—	—	Russia	»	12.5	8.5	0.10
Stati Uniti d'America	»	24	15.	—	Austria Ungh.	»	11.6	7.8	—
Francia	»	21.5	5.2	0.25	Italia	»	7	6.4 (1)	0.40
Germania	»	18	7.7	0.25	Spagna	»	9	—	0.22

Queste cifre sono sconfortanti per l'Italia, perchè la mettono quasi alla coda delle nazioni civili e costituiscono una vera umiliazione per noi se pensiamo che il sale non è soltanto un condimento per le vivande, ma una sostanza indispensabile alla buona assimilazione degli alimenti, perchè con esso si forma l'acido cloridrico del succo gastrico; ed ogni organismo sano ha bisogno ogni anno, pel solo normale funzionamento fisiologico, di almeno 8 Kg. di sale.

Si aggiunga poi che i popoli eminentemente carnivori (Inghilterra, Belgio, Francia) trovano già una parte di sale nella carne che mangiano, mentre l'italiano e specialmente gli abitanti delle campagne, sono preponderantemente vegetariani, e dovrebbero quindi consumare una quantità di sale maggiore di quella delle altre nazioni. E siccome succede precisamente l'opposto di quanto dovrebbe ragionevolmente avvenire, così si spiega anche il triste primato dell'Italia per gli ammalati di pellagra.

Il sale, che al governo costa meno di due lire al quintale, vien fatto pagare L. 3 per qualche industria, L. 12 per uso pastorizio e L. 40 ovvero L. 70 se raffinato, per l'alimentazione umana.

Sin dalle epoche più remote tutti i popoli usavano il sale per condire i cibi: *Aristotele* e *Plinio* ricordano che già molti anni avanti Cristo, il sale si otteneva concentrando sul fuoco l'acqua di sorgenti salate; presso i celti si faceva già l'estrazione del sale anche dalle acque del mare. Nell'VIII secolo *Geber* purificava il sal da cucina per poterlo usare come reagente chimico. Nei paesi caldi: Italia, Francia, ecc., si estrae ancor oggi la maggior parte del sale lasciando evaporare l'acqua del mare in grandi bacini, mediante l'azione del calore solare e del vento, tenendo separate le impurità che si depositano nel primo bacino e le acque madri impure che restano dopo la deposizione del cloruro di sodio o sal da cucina. Nei paesi nordici e freddi si fa invece gelare l'acqua del mare separando man mano il ghiaccio che contiene pochissimo sale ed evaporando poi col fuoco le soluzioni concentrate rimaste.

In Germania, in Austria e in Inghilterra si scoprirono degli immensi depositi di salgemma, a varie profondità nelle viscere della terra e si estrasse a lungo il sale riempiendo con acqua dei fori scavati sino allo strato salino, ed evaporando poi in caldaie aperte a fuoco diretto l'acqua satura estratta con pompe da quei pozzi. In alcune località della Germania si ottiene una

(1) Il consumo di Kg. 6.4 si riferisce al 1902. Il prezzo del sale in Italia nel 1848 era di 30 centesimi al Kg. dopo il 1866 di 55, dopo il 1885 di 35 e dal 1894 di 40 centesimi. Si noti poi che il governo italiano vende ogni anno all'estero quasi 150.000 tonn. di sale al prezzo di 75 centesimi *al quintale*.

prima concentrazione delle soluzioni saline diluite, facendole cadere come pioggia sopra dei grandi fasci di legna (*Gradirwerk*).

Dovunque si impiegava il combustibile per ottenere la separazione del sale, in caldaie aperte, la spesa era sempre relativamente troppo elevata (L 3.50 al quintale) e non si poteva sostenere la concorrenza col salgemma estratto solido direttamente dalle miniere, che conteneva però alquanto gesso come impurità, ma costava solo 60 centesimi al quintale. D'altra parte per molti usi industriali era necessario un sale quasi completamente esente da gesso.

Gradirwerk.
Cataste di legna per evaporare le soluzioni di Salgemma.

Nel 1855 si tentarono i primi perfezionamenti per evaporare con minor spesa le soluzioni saline adoperando un apparato proposto da *Rittinger* col quale si tentava di utilizzare il calore di condensazione dei vapori provenienti dalle caldaie colle soluzioni saline. L' apparecchio venne man mano perfezionato da *Schäffer* e *Budemberg* e nel 1878 da *Piccard* e *Weibel*; ma si dovette rinunciare ad esso per la sua complicazione e per diversi altri inconvenienti. E così pure un apparecchio più perfetto del *Well* e *Pick* a triplo effetto col vuoto, che si estese così rapidamente per la concentrazione dei succhi zuccherini nelle fabbriche di zucchero, non potè esser applicato alle soluzioni di sale, perchè il gesso in esse contenuto, produceva tali incrostazioni da impedirne il regolare funzionamento. Mentre con 100 Kg. di carbone si ottenevano al massimo 200 Kg. di sale nelle caldaie aperte, cogli apparecchi a triplo effetto si poteva arrivare a 600 Kg.

Solo verso il 1900 fu possibile applicare quel processo, quando il *Vis* riuscì a separare previamente tutto il gesso con un procedimento semplice, ingegnoso ed economico: egli aggiungeva alla soluzione concentrata di sale, che può contenere anche 5-6 Kg. di gesso (solfato di calcio) una soluzione di cloruro di calcio o di solfato sodico, molto solubili, che provocavano la separazione quasi completa del gesso (1). Quando le soluzioni saline sono liberate dal gesso si possono poi vantaggiosamente e senza difficoltà evaporare negli apparecchi col vuoto a triplo effetto. Questo processo va oggi rapidamente estendendosi a Stassfurt e altrove. Più innanzi quando descrive-

(1) Il gesso ($CaSO_4$) in soluzione si trova dissociato in parte nei propri ioni Ca e SO_4 (vedi pg. 25); aggiungendo cloruro di calcio ($Ca\ Cl_2$) o solfato sodico (SO_4Na_2), che pure si dissociano, si viene ad aumentare la concentrazione dell'ione calcio o dell'ione SO_4 e allora il gesso, che è meno solubile degli altri sali di calcio e degli altri solfati, precipita.

remo l' industria dello zucchero illustreremo anche simili apparati d' evaporazione.

La produzione mondiale del cloruro di sodio nel 1880 era di 11 milioni di tonn. e nel 1895 superò i 13 milioni, e di questi 2.146.000 spettano all'Inghilterra, 1.260.000 agli Stati Uniti, 1.700.000 alla China, 1.400.000 alla Russia, 1 milione alla Germania, 840.000 alla Francia e 450.000 all'Italia.

Oltre all'uso alimentare, una grande quantità di sale si adopera, nelle nazioni industrialmente più progredite, per la fabbricazione del carbonato e dell'idrato sodico, dell'ipoclorito, del clorato e perclorato sodico. Si usa molto nelle fabbriche di saponi, di materie coloranti, di acido cloridrico, nella concia, nella conservazione dei pesci e delle carni, ecc.

*
* *

Sali potassici: Non meno importante dell'industria del cloruro di sodio è quella dei sali potassici, che ha raggiunto uno straordinario sviluppo in Germania, dopo la scoperta dei preziosi giacimenti di Stassfurt. L'impiego di questi sali ha contribuito notevolmente ai progressi dell'agricoltura di questi ultimi 25 anni.

Una volta i sali potassici, si ottenevano quasi esclusivamente dalle ceneri delle piante, perchè queste assimilano dal terreno preponderantemente i sali potassici, mentre gli organismi animali hanno bisogno dei sali sodici. Nel 1860 il *Frank* dimostrò l'immensa importanza del tesoro nascosto sotto la crosta terrestre nelle vicinanze di Magdeburgo, a Stassfurt, e poi in numerose plaghe della Germania settentrionale. Strati di 1000 metri di spessore di cloruro di sodio si estendevano per decine di chilometri, e sopra di essi si eran formati altri strati di *carnallite* ($MgCl_2+KCl+6H_2O$) dello spessore di 20 sino a 40 metri. E in altri punti si trovarono delle importanti stratificazioni di *silvina* (cloruro potassico) quasi pura e di gran valore, e sedimenti ancor più considerevoli di *cainite* ($SO_4Mg+K_2SO_4+MgCl_2+6H_2O$).

L'origine di questi sali è da ricercarsi nella evaporazione completa delle acque di antichi mari, ora scomparsi, che depositarono successivamente, seguendo la scala della solubilità, i diversi sali a cominciare dal cloruro di sodio. Gli sconvolgimenti tellurici e l'azione delle acque di pioggia e dei venti hanno poi in parte sciolto quei sali per depositarli in altri punti, mescoandoli così ad altri sali preesistenti.

L'estrazione dei sali sodici e potassici ha dato origine ad una importante e florida industria che dal 1860 in poi ha acquistato ogni anno sempre maggiore importanza e oggi l'agricoltura di tutto il mondo è tributaria, della Germania pei sali potassici. Le seguenti cifre, meglio di qualsiasi descrizione, valgano ad illustrare la crescente importanza di quest'industria a Stassfurt e dintorni.

Nel	1865	si	estrassero	100.000	tonn.	di	sali	potassici	vari
»	1875	»	»	500.000	»	»	»	»	»
»	1885	»	»	1.000.000	»	»	»	»	»
»	1895	»	»	1.600.000	»	»	»	»	»
»	1901	»	»	3.500.000	»	»	»	»	»

delle quali quasi 2 milioni di carnallite e 1.400.000 tonn. di cainite, oltre a 190.000 tonn. di silvina, per un valore complessivo, pel 1901, di 80 milioni di lire.

I processi di lavorazione sono quasi gli stessi che pel cloruro di sodio, tenendo conto sempre del diverso grado di solubilità dei diversi sali. È interessante anche notare come le ultime acque madri, abbondantissime, dei sali di Stassfurt, siano costituite da cloruro di magnesio del quale solo una minima parte viene utilizzata in alcune industrie, e il restante va quasi completamente perduto; anzi gli industriali per liberarsene in qualche modo, lasciano assorbire quelle soluzioni dal terreno o le immettono nei corsi d'acqua, con grave danno dell'igiene e dell'industria. Gli sforzi dei tecnici e degli studiosi furono rivolti in questi ultimi tempi alla ricerca di processi per evitare un simile sperpero di sostanze, utilizzandole in qualche modo, e fra le tante proposte pare che la più pratica sia stata quella di trasformare il cloruro di magnesio in acido cloridrico e idrato di magnesio, mediante l'azione del vapor d'acqua a caldo e di utilizzare poi la magnesia, che per sè stessa sarebbe già meno dannosa del cloruro, nella fabbricazione del carbonato potassico col processo di *Engel* mediante cloruro di potassio ed acido carbonico.

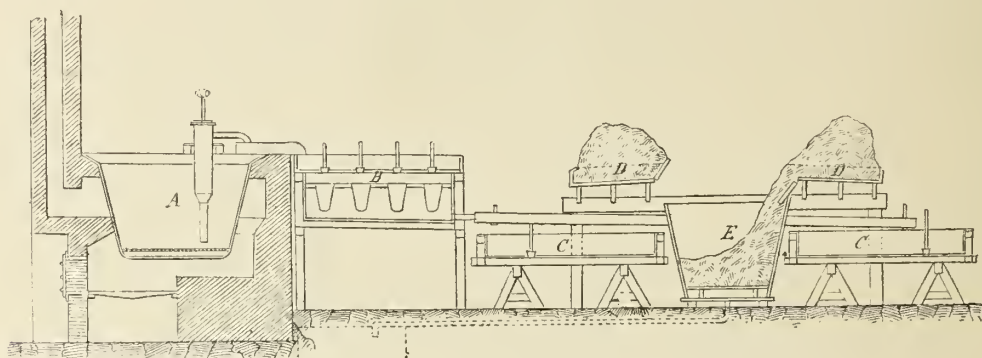
I risultati ottenuti in questi ultimi anni con questi processi sono promettenti e per quanto abbian risolto in parte ed indirettamente il grave problema dell'utilizzazione delle acque madri magnesiache di Stassfurt, rimane ancora da trovare delle applicazioni dirette e degli sfoghi ai composti di magnesio in generale.

La fabbricazione di una specie di cemento, impastando della magnesia, del cloruro di magnesio e della segatura di legno per fare delle mattonelle (lignolite) non si è estesa abbastanza per attenuare anche minimamente il grande ingombro dei sali di magnesio a Stassfurt, sicchè il problema ancor aperto è stato ereditato dai chimici del XX Secolo che dovranno trovarne la soluzione, pena la decadenza dell'industria di Stassfurt.

*
* *

Nitrato sodico e potassico (NO_3Na e NO_3K): Il nitrato sodico, detto anche *nitro del Chili*, forma degli immensi giacimenti nel Perù e nella Bolivia quasi alla superficie del terreno, dove si sarebbe formato per decomposizione di immensi cumuli di sostanze organiche azotate per l'azione lenta della calce e di bacterî nitrificanti, durante numerosi secoli, in regioni poco piovose. Le terre di quelle plaghe ne contengono il 40 % e basta lasciarne concentrare poi la soluzione per avere facilmente il sale greggio. Questo tesoro ha acquistato il suo pieno valore solo dopo che l'agricoltura, nelle diverse nazioni, ebbe riconosciuta l'importanza delle leggi enunciate sin dal 1840 da *Liebig* e secondo le quali non era possibile conservare al terreno la fertilità se non gli si restituivano, sotto altra forma, le sostanze asportate ogni anno colle abbondanti messi. Più innanzi, al capitolo dei concimi chimici, è messa in evidenza l'importanza dei concimi azotati, che in preponderanza sono formati da nitro del Chili (nitrato sodico). Qui vogliamo solo rilevare che mentre al principio del secolo scorso il consumo di questo sale era trascurabile, esso divenne sempre più importante dopo la metà del secolo scorso e però sino al 1885 dal Chili si esportarono complessivamente 5.800.000 tonnellate, mentre ora, nel solo anno 1903, l'esportazione, specialmente per l'Europa, raggiunse 1.450.000 tonn.

Un notevole incremento si ebbe all'inizio di questa industria, quando, dopo la guerra di Crimea, vi fu grande richiesta di *nitrato potassico* per la fabbricazione della polvere nera (miscela di 10-12 % di solfo, 13-15 % di carbone e 75 % di nitro). Questo nitro non era molto abbondante in natura e quello nelle Indie orientali diveniva sempre più caro, e non poteva essere sostituito dal nitrato sodico perchè essendo deliquescente, rendeva la polvere umida.

Fu a Stassfurt, dove abbondavano i sali potassici, che si è riusciti a trasformare vantaggiosamente e con un processo semplice, il nitrato sodico in nitrato potassico (*nitro di conversione*). Preparando una soluzione concentrata bollente di nitrato sodico e cloruro potassico, siccome questi sali in acqua sono scissi nei propri ioni NO_3,Na,Cl,K (pag. 25), col raffreddamento si separano prima gli ioni meno solubili e cioè quelli che vanno a formare il cloruro sodico (NaCl); questo sale poi ha la stessa solubilità a caldo come

Disposizione di apparati per la conversione del nitrato sodico in nitrato potassico.

a freddo, mentre altri sono molto più solubili a caldo; così il NaCl si separa subito pel primo e nella soluzione rimane in preponderanza nitrato potassico che cristallizza abbastanza puro per semplice raffreddamento della soluzione. Con ulteriori soluzioni e ricristallizzazione lo si ottiene raffinato, purissimo in minuti cristalli.

Il nitrato sodico per $^3/_4$ almeno viene impiegato come concime nell'agricoltura, e solo l'Italia ne consuma 20.000 tonn., il resto si adopera nelle fabbriche di acido solforico, di acido nitrico e per la preparazione del nitrato potassico, e per diverse altre industrie meno importanti.

Il nitrato potassico si adopera in preponderanza per la fabbricazione della polvere da sparo e da mina e per pochi altri usi secondari. Siccome però in questi ultimi 20 anni la polvere nera è stata man mano sostituita da altri esplosivi più potenti e più convenienti, (vedi *Esplosivi*) così anche il consumo del nitrato potassico è notevolmente diminuito. Infatti nel 1876 dall'India si esportarono 255.000 quintali di nitrato potassico naturale, mentre nel 1892 l'esportazione era già discesa a 210.000 Q.li E così il *nitrato di conversione* fabbricato nel 1878 era di 300.000 Q.li e nel 1890 salì a 500000 Q.li, per discendere nel 1893 a 345000 Q.li, dei quali circa 200000 fabbricati in Germania. L'Italia nel 1903 produsse 12.000 Q.li di nitrato potassico e ne importò 3800 Q.li.

Acidi.

Dei numerosi acidi inorganici conosciuti e preparati dagli stabilimenti chimici, basterà ricordarne soltanto qualcuno dei più importanti che si producono nella grande industria, come sarebbero l'acido solforico, l'acido nitrico e quello cloridrico, che servono a dar vita ad altre industrie.

I sali che abbiamo più sopra ricordati sono gli stessi che costituiscono la materia prima per la fabbricazione di una parte di questi acidi.

*
* *

Acido solforico (H_2SO_4). Lo sviluppo dell'industria di quest'acido procede pari passo collo sviluppo delle più importanti industrie chimiche e si può con molta verosimiglianza affermare che il grado di civiltà e di progresso economico di una nazione si può misurare dalla produzione e dal consumo di acido solforico.

Infatti quest'acido serve oggi in gran quantità nella fabbricazione dei perfosfati per l'agricoltura, nella preparazione dell'acido cloridrico e del solfato sodico che serve poi alla fabbricazione della soda col processo *Leblanc*, nella fabbricazione delle candele steariche, dei saponi e della glicerina per scomporre i grassi, nella preparazione dell'acido nitrico, dell'acido carbonico, tartarico e citrico, nella fabbricazione della nitroglicerina, del vitriolo di ferro e di rame, nelle fabbriche di materie coloranti, ecc. Insomma l'acido solforico dà vita alle più svariate e più importanti industrie moderne.

La preparazione industriale di quest'acido fu iniziata al principio del secolo XIX e dopo continui perfezionamenti introdotti sino a 25 anni addietro, si ebbe un periodo di sosta, che venne interrotto da una vera rivoluzione nel processo di fabbricazione, proprio negli ultimi anni del secolo ora trascorso.

L'acido solforico si ottiene ossidando il solfo in opportune condizioni. La prima fabbrica di quest'acido sorse a *Richmond*, presso Londra nel 1740 per opera di *Ward*. Egli scaldava in una grande capsula di ferro una miscela di solfo e nitro, e raccoglieva i vapori in grandi vasi di vetro, della capacità sino di 300 litri, contenenti dell'acqua per formare l'acido, che poi veniva concentrato col riscaldamento.

Nel 1746 si riscaldava la capsula, contenente solfo e nitro, direttamente in una grande cassa di piombo provvista di acqua.

Nel 1793 queste casse di piombo divennero molto grandi formando delle vere camere. I fornelli, per ossidare il solfo, furono posti all'esterno, e i vapori arrivavano nella camera contemporaneamente ad una corrente di aria e di vapor d'acqua e l'acido solforico si raccoglieva sul pavimento. Il processo era ancora molto imperfetto e da 100 kg. di solfo non si ottenevano più di 130 kg. di acido solforico e tutto il nitro andava perduto (10-12 kg. p. 100 kg. di solfo); oggi invece da 100 kg. di solfo si preparano quasi 300 kg. di acido solforico con un consumo di solo 3-4 kg. di nitro. A questi risultati si è giunti dopo numerosi perfezionamenti, a cominciare dalle *torri Gay-Lussac* introdotte nel 1835 per utilizzare i vapori nitrosi che prima andavano perduti e realizzando una grande economia di nitro. Nel 1861 si applicò a *Newcastle*

la prima *torre di Glover* che permise di rigenerare in modo razionale i vapori nitrosi, lavando e raffreddando contemporaneamente i gas solforosi prima dell'entrata nelle camere di piombo, e ottenendo una parte di acido più concentrato di quello delle camere.

Le camere di piombo intanto si fabbricavano sempre più grandi e se ne disponevano sino a 3 o 4, una in fila all'altra con un volume complessivo di parecchie migliaia di m^3., in modo da ottenere la completa mescolanza dei gas.

Fino al 1840 tutto l'acido solforico veniva fabbricato con solfo siciliano, e però nel 1838 Ferdinando II di Borbone concesse il monopolio dell'estrazione del solfo delle solfare di Sicilia alla casa *Taix-Aycard* & C. di Marsiglia, che ne elevò subito il prezzo da 12 a 35 lire al Q^{le}. Da quell'epoca cominciarono in tutta Europa degli studi e delle prove per sostituire il solfo con altri composti solforati più economici. Fra questi la pirite di ferro ($Fe\ S_2$) era quella che meglio si prestava, perchè con semplice riscaldamento all'aria cedeva il suo zolfo allo stato di ossido. Si dovettero però superare non poche difficoltà per trovare dei forni adatti a tale combustione e così si passò dai forni a muffola proposti da *Usiglio* nel 1852 a quelli a griglia a più piani del *Perret* e dell'*Olivier* verso il 1867, per le piriti in pezzi.

Questi forni vennero sostituiti dopo il 1873 da quelli a più ripiani per la pirite in polvere, proposti da *Maletra*, che in breve si generalizzarono e ancor oggi si trovano in quasi tutte le fabbriche di acido solforico.

In questi ultimi anni vennero introdotti con vantaggio in alcune fabbriche dei forni meccanici rotatori per l'arrostimento delle piriti, e in altri stabilimenti si cercò di diminuire il volume delle costose e ingombranti camere di piombo sostituendole, *in parte*, con delle torri a fitte piastre forellate (torri di *Lunge* e *Rohrmann*) aumentando così la superficie di contatto dei gas reagenti, e in altre fabbriche ancora si modificò recentemente la forma di parallelepipedo delle camere di piombo, dando loro invece la forma cilindrica coll'entrata dei gas per mezzo di canali tangenziali alla periferia (*camere tangenziali di Th. Meyer*) ottenendo così una più facile mescolanza dei gas e una maggior produzione di acido solforico a pari volume in confronto delle vecchie camere, e con minor spesa d'impianto.

Si è in tal modo riusciti a produrre sino 5 e 6 Kg. di acido solforico (H_2SO_4) per ogni m^3. di camera in 24 ore, mentre nelle vecchie camere difficilmente si arrivava a kg. $3^1/_2$.

*
* *

Si credeva così d'aver raggiunto la massima perfezione nel processo di fabbricazione, e anche i tecnici più distinti convenivano che ormai la preparazione dell'acido solforico non era più suscettibile di importanti perfezionamenti, quando verso la fine dello scorso secolo (nel 1898) per un' indiscrezione d'un impiegato della *Badische Anilin und Sodafabrik* di Ludwigshafen, si viene a sapere che in quell'importante stabilimento, da qualche anno, si producevano enormi quantità di acido solforico purissimo e concentratissimo, senza camere di piombo e con un processo completamente differente. Quei

tecnici erano riusciti, dopo numerose prove e scoraggianti insuccessi, ad ossidare ulteriormente i vapori solforosi dei forni a pirite, mescolandoli semplicemente con aria, a caldo, in presenza di platino finamente suddiviso. Ottennero così grandi quantità di anidride solforica la quale con semplice soluzione in acqua, dava istantaneamente e quantitativamente acido solforico puro e concentratissimo.

Da oltre 50 anni si era tentato di ossidare direttamente l'anidride solforosa mediante l'ossigeno dell'aria, ma solo nel 1875 il *Winkler* era riuscito a preparare industrialmente anidride solforica facendo passare una miscela di anidride solforosa con una *corrispondente* quantità di ossigeno, sopra dell'amianto platinato riscaldato. Il *Winkler* per ottenere il giusto rapporto fra anidride solforosa e ossigeno, scomponeva dell'acido solforico facendolo cadere in storte roventi. È facile comprendere che questo processo non poteva servire a fabbricare acido solforico, giacchè si doveva partire dall'acido solforico stesso, ma esso rese tuttavia grandi servigi all'industria perchè per la prima volta si otteneva su vasta scala e relativamente a buon mercato l'anidride solforica tanto richiesta in quell'epoca dalle fabbriche di materie coloranti per ottenere l'acido solforico fumante. Quest' acido prima d'allora veniva venduto a caro prezzo dalla casa Storck di Praga, unica fabbrica in Europa.

Spetta al *Knietsch*, uno dei direttori tecnici della Badische-Anilin u. Sodafabrik di Ludwigshafen, il merito d'aver sperimentalmente dimostrato (1896-1898) tenendo conto della legge sull'azione delle masse (pag 39), che si può arrivare a trasformare completamente l'anidride solforosa, dei comuni forni a pirite, in anidride solforica, anche impiegando l' aria invece dell' ossigeno puro, tenendo però conto della temperatura della massa catalizzante, d'amianto platinato, perchè SO_2 (ossigeno) + O (anidride solforosa) $\rightleftarrows$ SO_3 (anidride solforica) essendo una reazione invertibile, avveniva nel senso desiderato solo fra 250 e 450°. E però per avere buoni risultati bisognava eliminare completamente i composti d'arsenico dei gas dei forni a pirite perchè l'arsenico rendeva inattivo il platino. In questo modo diveniva possibile pensare vantaggiosamente alla fabbricazione catalitica dell'acido solforico, perchè bastava sciogliere l' anidride solforica in acqua o in acido solforico diluito per avere acido solforico concentratissimo ed esente d'arsenico. I vantaggi di questo processo in confronto a quello delle camere di piombo, sono evidenti quando si pensa che col vecchio sistema per trasformare i gas dei forni a pirite in acido solforico, bisogna adoperare del vapor d'acqua e dei vapori nitrosi (ottenuti da nitro), senza contare l'uso delle costose e ingombranti camere di piombo, per arrivare solo ad un acido relativamente diluito (65 °/₀), il quale per esser concentrato deve essere di nuovo scaldato in recipienti di platino costosi e incomodi. Il solo impianto di platino per la concentrazione costava, in alcuni stabilimenti, sino a 200.000 lire.

Già all' inizio del XX secolo quasi dovunque vennero abbandonati gli apparati di platino per la concentrazione dell' acido diluito delle camere di piombo, al quale basta oggi fare l' aggiunta di una determinata quantità di *oleum* (soluzione di anidride solforica in acido solforico conc. che si spedisce

anche a grande distanza in serbatoi di ferro), per arrivare a qualunque concentrazione. E' probabile anche che fra pochi anni non convenga più fabbricare colle camere di piombo neanche l' acido diluito (52° Bè) e allora la preparazione dell'acido solforico catalitico avrà raggiunto il punto culminante della parabola ascendente.

Già l'elevato prezzo dell'amianto platinato, come catalizzatore, venne notevolmente ridotto, accompagnando il platino o sostituendolo con sostanze molto più economiche.

Basterà infatti ricordare l'azione catalitica dell'ossido di ferro $(Fe_2 O)_3$, ottenuto come scarto dei forni a pirite, capace di trasformare il 60 % di SO_2 in SO_3.

Nel 1904 col processo catalitico, nella solo Germania, si produssero 2.600.000 quintali di acido solforico concentrato.

Per comprendere l'importanza straordinaria dell'industria dell'acido solforico basta richiamare alcuni dati statistici:

L'Inghilterra	nel	1888	produsse	800 000	tonn.	di ac.	solforico	a 60° Bé.			
	»	1900	»	992.000	»	»	»	»			
La Francia	»	1889	»	234.000	»	»	»	»			
	»	1899	»	700 000	»	»	»	»			
Il Giappone	»	1900	»	60.000	»	»	»	»			
La Germania	»	1882	»	287.000	»	»	»	»			
	»	1901	»	857.000	»	»	»	»			
L'Italia	»	1879	»	10.000	»	»	»	»	pel valore	di L.	1 143.000
	»	1890	»	60.000	»	»	»	»	»	»	4.000.000
	»	1903	»	263.000	»	»	»	»	»	»	9.946.000

Nel	1880	la	produzione	mondiale	dell'acido	solforico	fu di	1.850.000	tonn.
»	1890	»	»	»	»	»	»	2.218.000	»
»	1902	»	»	»	»	»	»	4.450.000	»

Il prezzo dell' acido solforico a 60° Be' che è stato anche di 12 lire al Ql. è oggi disceso sotto le lire cinque e probabilmente diminuirà ancora.

*
* *

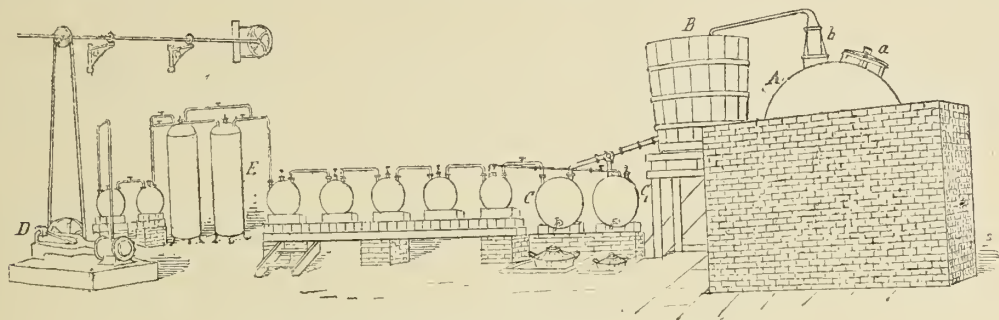
Acido nitrico (HNO_3). Quest' acido si prepara facendo reagire a caldo l'acido solforico concentrato sul nitrato sodico. E' un acido importante, perchè viene adoperato nella fabbricazione della nitroglicerina, per far i diversi tipi di dinamite e di gelatine esplosive; si usa per preparare l' acido picrico, le materie coloranti del catrame, il cotone fulminante e quindi le moderne polveri senza fumo, il nitrato di ferro, usato nella tintura della seta e del cotone, ecc.

Sin verso il 1855 per la fabbricazione dell'acido nitrico si trattava il nitrato potassico con acido solforico, e non si ricorreva all'impiego del nitrato sodico, benchè costasse meno, perchè troppo impuro e dava quindi un acido scadente. Da quando però è stata iniziata una purificazione completa del nitro del Chilì, questo venne vantaggiosamente usato anche per la fabbricazione dell'acido nitrico che ancor oggi vien fabbricato quasi esclusivamente con questo sale.

Notevoli perfezionamenti si introdussero negli apparati perchè i nuovi bisogni delle industrie spingevano verso la preparazione di acido sempre

più concentrato e puro. Bisognava quindi impedire la formazione di troppa acqua per la composizione dell'acido solforico e quindi bisognò lavorare a temperature relativamente basse e in questi ultimi anni quasi dovunque si opera facendo anche il vuoto in tutti gli apparati.

Per un acido così energico, che intacca quasi tutti i metalli e distrugge le materie organiche, non era un facile problema quello della fabbricazione degli apparati per questa industria. Oggi tutte le parti principali sono formate di grès, che si è riuscito finalmente a lavorare con una sorprendente perfezione, come se esso fosse del metallo o del vetro.

I refrigeranti a serpentini concentrici, le giarre, le torri di condensazione, i tubi di congiunzione, ecc. tutto è lavorato in grès, con eleganza e robustezza. Dalle prime storte in ghisa della capacità di 200 kg. di nitro, coi successivi perfezionamenti introdotti dal *Valentiner*, si è giunti oggi a storte che contengono più di 1000 kg. di nitro per ogni operazione. Mercè questi perfezionamenti oggi è possibile arrivare con una sola operazione ad acido

Disposizione schematica di una fabbrica di acido nitrico.

nitrico concentratissimo e puro, mentre prima bisognava purificare e distillare più volte per avere un acido al 99.5 °/o.

La produzione mondiale dell'acido nitrico nel 1880 fu di 50.000 tonn. nel 1890 di 100.000 tonn. e da allora è aumentata straordinariamente pel grande consumo di polvere senza fumo. Infatti la sola Germania che nel 1880 consumava 12.500 tonn. di acido nitrico, nel 1901 ne consumò 70.000 tonn.

L'Italia nel 1903 riuscì a produrne 2087 tonn. e l'importazione fu di sole 10 tonn.

Acido cloridrico (*acido muriatico* HCl). Una grande quantità di acido solforico si impiega ancora nelle fabbriche di soda e di carbonato potassico col processo *Leblanc* per preparare il solfato sodico. Trattando il cloruro di sodio con acido solforico in appositi forni, oltre al solfato si forma in grande quantità l'acido cloridrico. Quest'acido al principio del secolo XIX non aveva nessun impiego nell'industria e costituiva quindi uno sgradevole e molesto prodotto, del quale i fabbricanti di soda non sapevano come liberarsene. Da principio lo si lasciava spandere nell'aria insieme ai fumi dei camini, ma le lagnanze insistenti e giustificate del vicinato costrinsero i fabbricanti a studiare il modo di rendere inoffensive quelle emanazioni.

Verso il 1820 gli industriali inglesi pensarono di costruire degli altissimi camini per portare i fumi ed i vapori di acido cloridrico a grandi altezze e disperderli così nell'immensa atmosfera. Con grande sorpresa però si dovette constatare che neanche il camino costruito a St. Rollox, alto 150 metri, eliminava l'inconveniente temuto perchè i vapori di acido cloridrico essendo molto densi, scendevano lungo le pareti esterne del camino e si spandevano come fitta nebbia devastatrice sulle ubertose campagne, che circondavano quegli stabilimenti.

Si pensò allora di far entrare quei vapori in lunghi canali nei quali si faceva scorrere dell'acqua; questa scioglieva tutto l'acido cloridrico e lo portava nei fiumi. Ma la tranquillità non durò a lungo, perchè i pescatori si lagnarono per la mortalità del pesce e i contadini protestarono pel pericolo che correvano gli animali abbeverandoli con quell'acqua acida. Nel 1836 il *Gossage* ideò un sistema di condensazione più razionale facendo entrare i vapori di acido cloridrico in una torre ripiena di coke dall'alto della quale faceva cadere una pioggia d'acqua. Per un po' di anni sembrò che i lagni cessassero e in tanto si cominciava a trovare un qualche impiego anche per l'acido cloridrico, senonché la produzione della soda andava aumentando in proporzioni così grandi, che per quanto fossero state piccole le perdite di acido, data la grande produzione, l'atmosfera veniva a trovarsi inquinata quasi come ai primi tempi.

E allora nelle diverse nazioni si iniziò una vera legislazione a tutela della salute pubblica e contro i fabbricanti che non adoperavano tutti i mezzi che la tecnica consigliava per ridurre al minimo quegli inconvenienti.

Ma neppur questa legge costituiva una soluzione; questa venne data invece dalla scienza che suggerì il mezzo di utilizzare in modo proficuo quest'acido. E quando si ebbero le grandi richieste per la nascente industria dei colori artificiali d'anilina, e per la tintura, poi per la preparazione del cloro e del cloruro di calce, più tardi per la purificazione del carbone d' ossa e per la fabbricazione del cloruro ammonico e più tardi ancora per la lavorazione della colla, per l'estrazione del rame, ecc., allora i fabbricanti cercarono essi stessi i mezzi per utilizzare tutto l'acido cloridrico che era così divenuto un prodotto fortemente rimunerativo. Il suo prezzo superò persino quello dell'acido solforico, e mentre da principio sembrava dovesse minacciare la stessa esistenza dell'industria della soda, ora invece ne era divenuto il più valido sostegno, senza del quale, da molti anni il processo *Leblanc* per la fabbricazione del carbonato sodico, avrebbe dovuto soccombere di fronte alla incalzante concorrenza della soda *Solvay*.

Sino ad oggi furono vani i tentativi di preparare acido cloridrico con altri processi in concorrenza a quello *Leblanc* ad onta delle straordinarie quantità di cloruro di magnesio che ogni anno a Stassfurt va perduto (vedi retro). Per quanto le fabbriche di soda *Leblanc* abbiano perduto terreno in questi ultimi anni, pure è ancora lontano il giorno della loro scomparsa dal mondo delle industrie, e anzi nella fabbricazione del carbonato potassico, il processo *Leblanc*, non ha concorrenti e potrà ancora a lungo costituire la più importante sorgente d' acido cloridrico. Non possiamo però tacere che oggi

le fabbriche *Leblanc* producono una buona parte di acido cloridrico, perchè preparano il solfato di soda per le vetrerie. Il giorno che nella lavorazione del vetro cessasse il consumo del solfato (e questa probabilità diviene ogni giorno più minacciosa), allora l'acido cloridrico verrà forse fabbricato con altri processi che oggi furono solo tentati senza grande successo pratico, impiegando delle sostanze molto economiche, quali il cloruro di magnesio, che scaldato insieme a vapor d'acqua (come si tentò già con qualche vantaggio a Stassfurt) fornisce acido cloridrico, ovvero il cloruro di calcio (il capo morto delle fabbriche di soda Solvay) che con vapor d'acqua surriscaldata, in presenza di silice o argilla silicea, conduce alla preparazione industriale di quell' acido.

Per ciò che riguarda gli apparati, per la preparazione di quest'acido, se ne farà cenno parlando più innanzi della fabbricazione del solfato sodico e della soda.

Disposizione schematica in sezione e in pianta, per la fabbricazione di acido cloridrico.

La produzione mondiale dell'acido cloridrico nel 1895 aveva raggiunto i 2 milioni di tonn. dei quali la metà nella sola Inghilterra. In Germania nel 1901 si produssero e consumarono 291.000 tonn. pel valore di L. 13.500.000.

In Italia la produzione di quest'acido fu di 4600 tonn. nel 1893 e si elevò a 8700 tonn. nel 1903 per un valore di L. 510.000.

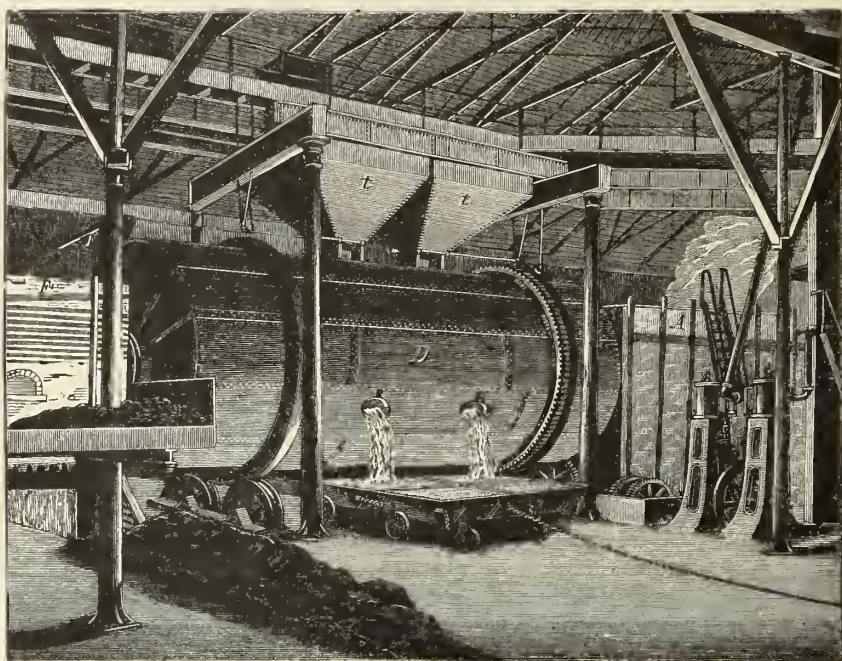
Alcali.

Carbonato di sodio (*Soda* Na_2CO_3). Se si può dire che l'acido solforico forma la base della grande industria chimica moderna, possiamo anche aggiungere che fra tutte le industrie chimiche, quella che nel secolo XIX ha acquistato la maggiore importanza, tanto per l'immensa produzione, quanto per le applicazioni più svariate, è precisamente l'industria della soda. Questo prodotto si consuma in grande quantità nella fabbricazione dei saponi ed è destinata ad un grande avvenire nella fabbricazione del vetro, dove oggi si impiega ancora il solfato di soda. Lo sviluppo straordinario dell'industria delle fibre tessili ha pure contribuito ad aumentare considerevolmente il consumo della soda, nel lavaggio, nella sbianca e nella tintura dei tessuti. E la soda entra pure nella industria della carta che oggi presso tutti i popoli civili ha raggiunto uno sviluppo imprevisto e la fame di carta per giornali, per libri, per involucri, per tappezzerie e per gli oggetti più svariati, è in continuo aumento.

E si aggiunga ancora tutta la soda che serve nella fabbricazione dei diversi sali, dal silicato sodico, al fosfato, al borace, al bicromato, ecc., per avere una idea della grandissima importanza di quell'industria.

Ho già ricordato che la materia prima per la fabbricazione della soda è

il cloruro di sodio e questo veniva lavorato sin verso il 1865 con un unico processo proposto da *Nicola Leblanc* nel 1783 e premiato dall'Accademia francese. Quella scoperta che fruttò poi tanti milioni a due generazioni di industriali, non impedì che il *Leblanc* morisse nella più squallida miseria in un ricovero di mendicità, dove il suicidio pose termine all'ultima umiliazione. Nata in Francia, quest'industria emigrò e raggiunse il suo sviluppo culminante in Inghilterra, mercè i perfezionamenti apportati dal *Muspratt*, dal *Gossage*, dallo *Stevenson* e *Williamson*, dopo aver superato numerosi ostacoli, perchè la prima fabbrica di soda in Inghilterra del 1824 dovette distribuire il prodotto in buona parte gratuitamente per dimostrare ai consumatori che esso aveva un valore almeno eguale a quello naturale.

Il processo *Leblanc* consiste nella trasformazione del cloruro di sodio in

Forno rotativo per la fabbricazione del carbonato sodico *(soda)* col processo *Leblanc*.

solfato sodico (SO_4Na_2) mediante l'azione dell'acido solforico concentrato in appositi forni in ferro e in muratura, riscaldati prima a fuoco diretto (*forni a riverbero*), ma più tardi a fuoco indiretto (*forni a muffola*), utilizzando l'acido cloridrico, nel modo che è stato ricordato più sopra. Il solfato greggio si mescolava poi con un eccesso di carbone e carbonato di calcio, e la massa intera si arroventava in forni in muratura a riverbero; oggi si preferiscono i forni cilindrici girevoli (*forni revolver*) capaci di 200 Q.li per volta, nei quali penetra direttamente la fiamma dell'attiguo focolaio, mentre la materia è mantenuta continuamente in moto. La massa fusa, formata in preponderanza da una miscela di carbonato sodico e solfuro di calcio, si lascia raffreddare in appositi apparati e si sottopone ad una lisciviazione sistematica con acqua fredda per ottenere delle soluzioni che, dopo concentrazione in apposite caldaie, separano il carbonato sodico in piccoli cristalli. Questi ven-

gono di nuovo calcinati in forni speciali a piattaforma rotativa con agitatori meccanici, capaci di produrre 100 quintali di soda per settimana.

Il prodotto così ottenuto serve per molti casi industriali, generalmente però si ottiene la purificazione completa ridisciogliendo, evaporando e calcinando nuovamente.

I perfezionamenti subiti da questo processo furono dapprima soltanto meccanici per ottenere coi forni, colle caldaie e coi diversi apparati il massimo rendimento e la migliore utilizzazione del calore. Vedemmo già come man mano si sia utilizzato completamente l'acido cloridrico che dapprima andava in gran parte perduto. In questi ultimi 30 anni il processo *Leblanc* per poter sostenere la concorrenza col nuovo sistema della soda ammoniacale (soda preparata col mezzo di ammoniaca, sale e acido carbonico), dovette preparare un prodotto più puro, e annettersi la fabbricazione della soda caustica e la fabbricazione del cloro e cloruro di calce per meglio utilizzare l'acido cloridrico. Più specialmente pensò a utilizzare quelle enormi quantità di solfuro di calcio che si ottenevano come capomorto della lavorazione e andavano perdute, anzi creavano un vero ingombro pericoloso per le fabbriche e pel vicinato, per le mefitiche esalazioni e per le infiltrazioni nel terreno che guastavano tutte le acque dei pozzi e dei fiumi. Ogni quintale di soda dava un quintale e mezzo di questo incomodo prodotto, che andava accumulandosi in montagnole che minacciavano di soffocare la fabbrica stessa. Questo capomorto conteneva più del 20 % di solfo che andava completamente perduto. I tentativi per utilizzarlo furono molti e svariati, ma la soluzione del grande problema, igienico e finanziario, l'abbiamo avuto solo da pochi anni col metodo *Chance* (1888), modificato da *Claus*, col quale tutto il solfo viene rigenerato tal quale o come anidride solforosa utilizzabile per fare acido solforico. La sola Inghilterra nei residui di soda perdeva 150.000 tonnellate di solfo pel valore di oltre 10 milioni di lire. Oggi però si calcola già a 80.000 tonn. il solfo rigenerato in Europa col processo *Chance-Claus*.

Ad onta dei prodigiosi sforzi fatti dai fabbricanti di soda *Leblanc*, queste fabbriche sono in continua diminuzione e nel 1902 solo un decimo della produzione mondiale della soda era dato dal processo *Leblanc*.

E non si può tacere che un'altra grave minaccia sovrasta a questo processo: un buon profitto le fabbriche di soda *Leblanc* lo traggono producendo, col macchinario loro proprio, delle notevoli quantità di acido cloridrico e di solfato di soda. Quest'ultimo è quasi totalmente consumato dalle fabbriche di vetro, ma siccome tutto il solfo contenuto nel solfato va poi perduto insieme al fumo dei camini delle vetrerie, inquinando l'atmosfera e danneggiando la vegetazione, così non è improbabile che delle misure igieniche e legislative vengano a incagliarne il consumo. Ciò è tanto più probabile inquantochè le vetrerie possono sostituire il solfato con carbonato di sodio essendo oggi la differenza di prezzo non più così grande come 30 anni addietro, e potendo, coll'uso della soda, lavorare il vetro meglio e a temperatura più bassa, economizzando così in combustibile ed eliminando tutti i lagni che giustamente il vicinato solleva contro le vetrerie che inquinano l'aria e danneggiano la vegetazione.

Quando tale fatto avverrà, la sentenza di morte della soda *Leblanc* sarà definitivamente pronunciata, perchè cessando la fabbricazione del solfato per la vendita, non si potranno avere i notevoli profitti che si ricavavano dall'acido cloridrico che si vende tuttora a prezzi assai rimunerativi. Il consumo della soda per le vetrerie sarà allora coperto completamente dalle fabbriche di soda ammoniacale per le quali si inizierà allora un'êra nuova di prosperità.

*
* *

La preparazione della *soda ammoniacale* venne tentata sin dal 1838 e solo dopo una serie di insuccessi tecnici e di disastri finanziari, riuscì ad imporsi verso il 1865 mercè la tenacia e l'ingegno prestati a questa industria dai fratelli *Solvay* di Bruxelles. Da quell'epoca fu una marcia trionfale che non s'arrestò dinanzi a nessun ostacolo, fiaccando e quasi annientando la competitrice soda *Leblanc* che aveva messo granitiche basi, cementate da considerevoli capitali inglesi.

Il processo chimico fu relativamente semplice, mentre le grandi difficoltà meccaniche furono vinte poco per volta dall'ingegno dei fratelli *Solvay*.

Il bicarbonato ammonico ($CO_3 H N H_4$) preparato facendo germogliare l'anidride carbonica nelle soluzioni acquose di ammoniaca, fornisce, per doppio scambio, in contatto di cloruro di sodio, del *bicarbonato sodico* ($CO_3 H Na$) il quale è quasi *insolubile* in acqua e del cloruro ammonico che è solubile. Con delle centrifughe si separa la soluzione di cloruro ammonico e il bicarbonato sodico scaldato in forni o in caldaie dà la soda pura alla concentrazione di 98-99 %. L'acido carbonico che si sviluppa in questi forni si riutilizza, insieme a quello fabbricato di fresco per saturare le acque ammoniacali, e la soluzione di cloruro ammonico avuta dalle centrifughe, fornisce di nuovo quasi tutta l'ammoniaca per semplice ebollizione con calce. Come capomorto di quest'industria rimane il cloruro di calcio.

Il macchinario è più complesso di quanto possa sembrare, ed ha subito continui perfezionamenti, tanto negli apparecchi saturatori per le soluzioni ammoniacali e di cloruro di sodio, come per gli *absorber* della carbonatazione e pei forni di calcinazione. L'acido carbonico vien preparato scaldando, nei soliti forni a calce, la pietra calcare (carbonato di calcio) che lascia poi la calce per rigenerare l'ammoniaca delle soluzioni di cloruro ammonico. Come si vede il processo è razionale e formerebbe un ciclo completo di lavorazione se non mancasse ancor oggi il mezzo per riutilizzare il cloruro di calcio, che abbondantissimo si forma come capo morto in quest'industria, e attende ancora un'applicazione rimuneratrice. Non mancarono i tentativi per preparare con cloruro di calcio, dell'acido cloridrico o del cloro, ma senza alcun vantaggio anche perchè oggi si ottengono esuberanti quantità di cloro nelle fabbriche di soda caustica elettrolitica.

Ad onta di ciò la soda Solvay ha finito per soppiantare quasi dovunque quella preparata col processo Leblanc.

Il consumo della soda nel 1882 era di 700.000 tonn., delle quali solo 160.000 di soda ammoniacale, e andò rapidamente crescendo sino ai nostri giorni per

raggiungere nel 1902 circa 1.760.000 tonn., delle quali 150.000 tonn. soltanto furon preparate col processo Leblanc. L'Inghilterra è la nazione che ne produce la maggior parte e già nel 1876 aveva investito in quest'industria oltre 175 milioni di lire occupando 22.000 operai; la sua produzione nel 1880 era di 430.000 tonn. e nel 1896 superò le 800.000 tonn. L'America del Nord nel 1886 produceva solo 1100 tonn., ma nel 1898 la produzione raggiunse 300.000 tonn., e così la Germania che nel 1878 dava 42.000 tonn., di soda, nel 1901 elevò la sua produzione a 300.000 tonn. pel valore di oltre 38 milioni di lire. L'Italia non produce carbonato sodico e nel 1903 ne importò 24.800 tonnellate.

Al grande incremento nel consumo della soda ha contribuito notevolmente la continua diminuzione del prezzo e così mentre in Inghilterra la soda cristallizzata (con 63 % d'acqua) si vendeva nel 1840 a L. 250 la tonn., nel 1880 il prezzo era sceso a L. 87 e nel 1890 a L. 50 la tonn. Oggi la soda Solvay al 98 % costa meno di 100 lire la tonnellata.

Questa continna diminuzione del prezzo le aperse il consumo di moltissime industrie e entrò in tanti usi ai quali prima non era possibile pensare; la si adoperò persino nella costruzione muraria, aggiungendola alla calce per poter lavorare anche d'inverno senza temere il pericolo del gelo! Un grande palazzo a Bruxelles fu precisamente costruito durante un inverno rigido evitando la congelazione della malta con aggiunta di soda.

*
* *

Carbonato potassico (*potassa* K_2CO_3). Questo sale non si può fabbricare col processo all'ammoniaca, come fece il Solvay per la soda, perchè il bicarbonato potassico è troppo solubile in acqua e non si separa cristallino dalla miscela degli altri sali con esso disciolti. Per molti anni quindi — quando non bastò più o non convenne più estrarre la potassa dalle ceneri delle piante o dai residui di barbabietole o dalle acque di lavaggio delle lane sucide — si fabbricò il carbonato potassico anche col processo Leblanc, precisamente come si fabbrica la soda, ma partendo da cloruro potassico che abbonda nei depositi di Stassfurt. Per molto tempo si credette che questo processo sarebbe per sempre rimasto senza concorrenti, e ciò sembrava confermato dagli insuccessi che ebbe nei primi tempi il processo *Engler*, brevettato nel 1880, e col quale si arrivava al carbonato potassico facendo gorgogliare dell'anidride carbonica in una soluzione di cloruro potassico che teneva in sospensione del carbonato di magnesio: si separava così del bicarbonato doppio di magnesio e di potassio che con semplice riscaldamento generava carbonato di magnesio insolubile e carbonato di potassio solubile. Le rosee speranze delle fabbriche Leblanc sembra però stiano per svanire perchè in questi ultimi tempi molti stabilimenti di Stassfurt hanno ripreso le prove su vasta scala col processo *Engler* e tutto lascia sperare che questi tentativi saranno coronati di successo.

La potassa viene usata in gran quantità nelle fabbriche di saponi di oli, nel lavaggio delle lane, nelle fabbriche di vetro, nelle tintorie, ecc. Mentre sino al 1855 la potassa era in preponderanza cavata dalle ceneri delle piante

e la sola Russia nel 1864 ne esportava 11.000 tonn., oggi la lavorazione delle ceneri è quasi nulla e in preponderanza si prepara a Stassfurt. Infatti, la Germania che nel 1874 produceva 7000 tonn. di potassa, nel 1901 ne produsse 32.000 tonn. esportandone quasi 16.000 tonn. L'Italia nel 1903 importò 913 tonnellate di questo sale.

* * *

2) Industrie elettrochimiche.

L'Elettrochimica è un ramo importante della chimica, che ebbe le sue origini dalle leggi fondamentali enunciate dal *Faraday* sin dal 1833; leggi da cui scaturirono, dopo il 1887, le più interessanti generalizzazioni teoriche, colla geniale ipotesi dell'*Arrhenius* sulla dissociazione elettrolitica delle soluzioni (vedi pag. 25). E da allora si ebbero le applicazioni industriali più svariate, alcune delle quali assai importanti.

Le leggi di termochimica e termodinamica, nel loro rigore matematico, trovano una conferma nelle leggi d'elettrochimica, che nelle ultime loro conseguenze ci condurranno forse alla spiegazione della costituzione delle sostanze cosidette elementari e probabilmente alla fusione armonica dell'unità della materia coll'unità dell'energia.

Dalla teoria più astratta si discese all'interpretazione rigorosa dei fenomeni chimici che servivano di base alle più svariate industrie, aprendo la via a nuovi e inaspettati progressi. Dall' alluminio al rame, dal carborundo al carburo di calcio, dall'idrato potassico all' ipoclorito sodico, dai clorati alla calciocianamide, ecc., fu tutta una corsa trionfale e non ancora interrotta nelle conqiste dell'elettrochimica in breve volger d'anni.

È una nuova e proficua utilizzazione dell'energia universale che l'elettrochimica ci permette di fare. Il calore solare, quella smisurata quantità di energia che si spande sulla sterminata superficie dei mari — dove non crescon piante e dove non vi sono animali che attendono la quotidiana luce vivificante — non va disperso. Esso si trasforma in modo apparentemente misterioso, staccando da quella inesauribile massa d'acqua, delle innumerevoli e piccolissime particelle, che, impercettili ai nostri sensi, si elevano alle più grandi altezze dell'atmosfera, per condensarsi in denso vapore ed apparirci in nubi risolventesi in benefica pioggia. E questa scende dai monti al piano ed al mare, formando nel suo tragitto — fra le gole orride delle montagne — le imponenti cascate che rimasero per tanti secoli inutilizzate, ma che servono a creare ricchezze e benessere per intere regioni e specialmente per le nazioni che dovevano elemosinare ad altri paesi ed a prezzi onerosi l'unica sorgente d'energia: il carbone.

In meno di 25 anni, l'elettricità e l'elettrochimica unite insieme, seppero fare tali prodigi, che solo pallidamente ci vengono illustrati dalle seguenti cifre, del resto molto suggestive:

Nel 1882 si utilizzò la prima cascata d'acqua a *Cragside* (Inghilterra) per trasformarla in energia elettrica con una turbina di 9 cavalli e per trasportarla alla distanza di un chilometro e mezzo. Nel 1904 si calcolò che l'ener-

gia idraulica trasformata in energia elettrica raggiungesse, in tutto il mondo, circa due milioni di cavalli, per produrre i quali sarebbero altrimenti occorsi quasi 12 milioni di tonnellate di carbone pel valore di circa 250 milioni di lire.

Quell'enorme quantità di energia elettrica, è in buona parte utilizzata, nelle altre nazioni, per le industrie elettrochimiche, e se in Italia le nuove imprese industriali non fossero troppo sovente alle prese coll'incapacità dei promotori e più ancora colla immorale speculazione finanziaria, che strangola sul loro nascere le migliori iniziative, anche da noi potrebbero efficacemente svolgersi e prosperare le industrie elettrochimiche.

Gli Stati Uniti d'America	nel 1904	trasformavano	527.000	cavalli idraulici	in energia elettrica
Canadà	»	»	228.000	»	»
Italia	»	»	210.000	»	»
Francia	»	»	161.400	»	»
Svizzera	»	»	133.000	»	»
Germania	»	»	81.100	»	»
Svezia	»	»	71.000	»	»
Messico	»	»	18.500	»	»
Austria	»	»	16.000	»	»
Inghilterra	»	»	12.000	»	»
Russia	»	»	10.000	»	»
India	»	»	7.000	»	»
Giappone	»	»	3.500	»	»
Sud Africa	»	»	2.100	»	»
Venezuela	»	»	1.200	»	»
Brasile	»	»	800	»	»
etc.			etc.		

*
* *

Soda e potassa caustica e cloruro di calce. — Sono sostanze di grande consumo, perchè servono alla preparazione dei diversi saponi per uso domestico e industriale. Colla potassa caustica si fanno i saponi molli o quelli più fini, colla soda caustica quelli duri e di uso corrente. Questi idrati alcalini permettono di ottenere i saponi direttamente dai grassi, senza previa decomposizione in acidi grassi liberi, come è richiesto invece nel caso di saponificazione coi carbonati alcalini; l'importanza di questo fatto verrà meglio illustrata più innanzi quando si parlerà in modo speciale dell'industria dei saponi. Grandi quantità di soda caustica s'impiegano nelle fabbriche di materie coloranti del catrame, per fare la resorcina, l'alizarina, il naftolo, ecc. Nelle cartiere, nei cotonifici per pulire e purgare le fibre vegetali, la soda caustica è un prodotto indispensabile e in questi ultimi anni fu applicata felicemente alla mercerizzazione del cotone, il quale acquista così un aspetto lucente, quasi setaceo, ed una maggior resistenza. Nell'importante industria della raffinazione del petrolio e degli olii minerali, la soda caustica rende grandi servigi. Nelle fabbriche di acido ossalico la resa è molto migliorata con l'impiego della potassa caustica e tacciamo di tanti altri usi secondari, ma svariatissimi che pure contribuiscono a dare incremento a questa industria.

Sino a dieci anni addietro gli alcali caustici venivano esclusivamente preparati col processo consigliato dal *Gossage* nel 1853, facendo bollire cioè delle soluzioni diluite di carbonati alcalini, mescolate a latte di calce. I tentativi di lavorare con soluzioni concentrate per economizzare poi in combustibile nel-

l' evaporazione, restarono senza successo perchè la reazione è *invertibile:* $Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \rightleftarrows CaCO_3 + 2 NaOH$ e superando una certa concentrazione ha luogo la reazione inversa.

La soda caustica veniva prodotta quasi esclusivamente dalle fabbriche di soda *Leblanc* e solo in questi ultimi anni ha preso piede il processo elettrolitico, che è completamente indipendente dai vecchi sistemi e basato su leggi diverse.

Nel processo elettrolitico la materia prima è sempre il cloruro potassico o sodico. In soluzione acquosa il cloruro è scisso nei corrispondenti ioni che si trovano omogeneamente distribuiti nel liquido. Se si fa passare la corrente elettrica attraverso alla soluzione di cloruro di sodio (Na Cl), avviene un'orientazione degli ioni e allora i cationi formati da sodio si dirigono e si riuniscono in molecole al polo negativo, mentre gli anioni di cloro si raccolgono in molecole, sviluppandosi come gas al polo positivo. Naturalmente il sodio metallico raccolto al catione non può conservarsi inalterato in presenza dell'acqua della soluzione, e con essa forma subito della soda caustica e sviluppa idrogeno: $Na + H_2O = NaOH + H$.

Per quanto questo processo si presenti molto semplice in teoria, la sua applicazione industriale invece incontrò tali difficoltà che da principio fecero perdere quasi ogni speranza in una pratica soluzione.

E però man mano, colla tenace persistenza di elette intelligenze e coll'armonica intesa della teoria e della pratica, ad una ad una quelle difficoltà furono vinte.

Gli sforzi ininterrotti del *Castner* in America, del *Sinding Larsen* in Norvegia, del *Kellner* in Austria, dello *Stroof* in Gsrmania e di tanti altri ancora, condussero recentemente alla completa soluzione del problema e già oggi dovunque, la quasi totalità della potassa caustica e buona parte della soda caustica, vengon preparate per via elettrolitica.

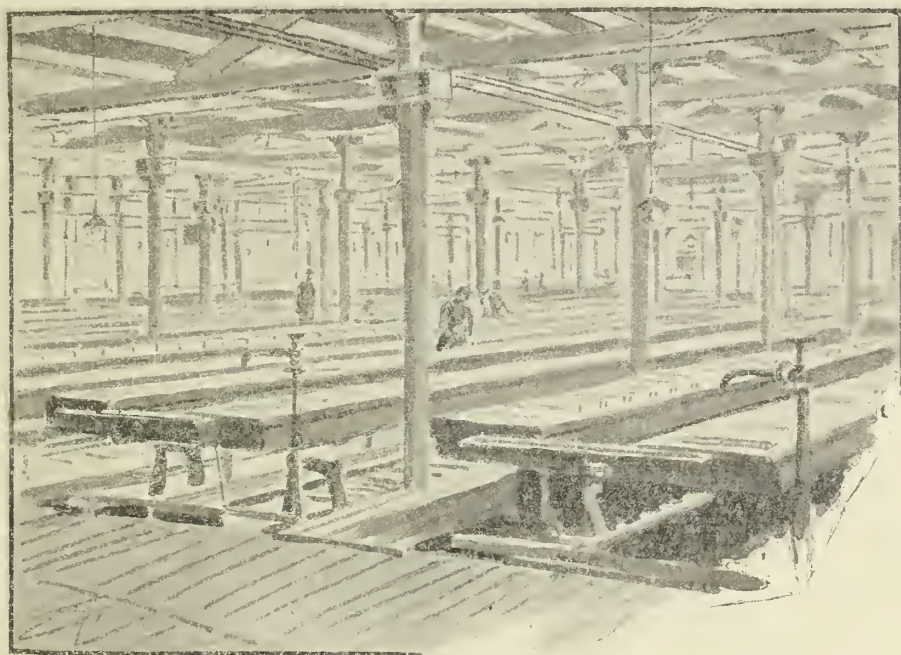
Si comprende facilmente come il processo elettrolitico sia stato applicato prima e con maggior successo alla potassa caustica. Colla stessa quantità di energia elettrica che si consuma per produrre 100 kg. di soda caustica si possono invece ottenere 140 kg. di potassa caustica, rimanendo inalterate tutte le altre condizioni, e ciò perchè l'energia elettrica per la dissociazione elettrolitica dei sali è proporzionale al numero e alla valenza degli ioni e non al loro peso. Infatti nella molecola dell'idrato sodico (Na OH) e dell'idrato potassico (KOH) abbiamo lo stesso numero di ioni e di eguale valenza, ma il loro peso molecolare sta nel rapporto di 40: 56 (ovvero di 100: 140).

Oltre all'ottenere maggior peso di potassa caustica con egual quantità d'energia elettrica, si ha anche un altro vantaggio nel prezzo più che doppio della potassa caustica in confronto alla soda caustica.

*
* *

Se nella soluzione di cloruro di sodio si introducono gli elettrodi senza altra precauzione, i prodotti della dissociazione elettrolitica si mescolano e non si ottiene la soda caustica e il cloro, ma in loro vece si forma dell'ipoclorito sodico. Si ricorse perciò alla separazione dei due prodotti mettendo

fra l'anodo ed il catodo un diaframma poroso che permettesse però la sola migrazione degli ioni. E qui si presentava subito una grave difficoltà, quella cioè di trovare un materiale, per costruire gli elettrodi, resistente all'azione del cloro nascente e degli alcali caustici. Gli elettrodi di platino erano troppo costosi e quelli di ferro e di carbone comune non resistevano a lungo; oggi si usano gli elettrodi di grafite artificiale di grande resistenza, preparati elettricamente dalla casa *Acheson* di Niagara Falls.

Ostacoli quasi insormontabili si incontrarono poi nella preparazione dei diaframmi: tutti venivano in brevissimo tempo corrosi e resi inutilizzabili. Si provarono dei diaframmi di sapone, di albumina, di pergamena, di collodio, di porcellana porosa, di gomma indurita, di pietre calcari, di tessuti d'amianto, ecc, , ma ogni sforzo fu vano. Quando sembrava che la scienza

Fabbricazione di soda caustica elettrolitica col processo Solvay nello stabilimento di Jemeppe-sur-Sambre.

fosse impotente a venir in aiuto ai bisogni di questa industria (eravamo nel 1894), quasi contemporaneamenre e da più parti si trovarono delle ingegnose soluzioni del problema.

Il *Breuer* della fabbrica chimica *Griesheim Elektron* riusciva a preparare dei diaframmi resistenti formati da piastre di cementi Portland rese porose in vario modo. In America si prepararono poi dei buoni diaframmi anche rivestendo dei tessuti d'amianto con cemento o silicato di soda.

Superato così questo scoglio si ripresero i tentativi di fabbricazione di soda caustica elettrolitica coi diversi processi già prima abbandonati; però non tutte le difficoltà per la grande industria erano eliminate, e ciò che aggravava ancor più la situazione già di per sè tanto dubbia, fu il sorgere di altri processi per separare i prodotti dell'elettrolisi anche senza diaframmi. Il *Castner*, il *Kellner* e il *Sindig-Larsen*, indipendentemente l'un dall'altro, eran venuti all'idea di separare dalla soluzione elettrolitica, il catione sodio, fis-

sandolo, man mano che si formava con del mercurio, col quale dava un amalgama che si poteva facilmente separare, facendo circolare lo stesso mercurio.

L'amalgama arrivando in una vasca d'acqua forma soda caustica e rigenera il mercurio. Il mercurio poteva contemporaneamente funzionare da catodo nel momento in cui si trovava nel bagno elettrolitico e così diveniva inutile l'uso dei diaframmi. Questo processo venne applicato nei modi più svariati dal *Castner* in America e dal *Kellner* in Europa e non possiamo qui intrattenerci ad illustrare i numerosi apparati che si trovano descritti in opere speciali (1); ci limitiamo a riprodurre la fotografia che fa vedere l'insieme di una grande sala di lavorazione di una delle principali fabbriche di soda e potassa caustica elettrolitica.

Vogliamo invece ricordare il processo della *Società Chimica-Metallurgica* di *Aussig* (Austria) perchè sta fra il processo a diaframmi e quello senza diaframmi, e col quale si lavora senza mercurio. Nella figura schematica si vede l'anodo formato da un fascio di piastre di grafite disposte sotto una campana in grès immersa nella vasca contenente la soluzione di cloruro di sodio. I catodi sono formati da due lastre di ferro. Regolando esattamente l'altezza dell'anodo nella campana, si può riuscire a stabilire una posizione nella quale lo strato liquido che corrisponde al bordo inferiore della campana funziona quasi da diaframma, cioè stabilisce il limite al quale tutto il cloro si raccoglie nella campana e si svolge da un tubo superiore, mentre la soda caustica si forma al difuori di essa mista a soluzione di cloruro di sodio. Quando si ha una soluzione con circa il 10 % di idrato sodico, si scarica in modo continuo da apposito rubinetto mentre nella campana continua ad arrivare della nuova soluzione di cloruro di sodio.

Meritano di essere finalmente ricordati i tentativi fatti da *Hulin*, da *Vautin* e da *Acker* per scomporre direttamente il cloruro di sodio mantenendolo fuso, senza ricorrere a soluzioni. Si ebbero a superare notevoli difficoltà e però oggi a *Bitterfeld* e al *Niagara Falls*, dove si può avere l'energia elettrica a prezzo molto basso, si fabbrica della soda caustica con questo processo per via secca.

Con tutti i processi, eccetto quest'ultimo, si ottengono sempre delle soluzioni diluite di soda caustica, che sovente contengono anche notevoli quantità di cloruro di sodio, che da principio si credeva difficile poter eliminare.

Nella pratica poi si trovò che evaporando queste soluzioni, quando si arrivava ad una certa concentrazione, quasi tutto il cloruro di sodio si separava solido e si poteva decantare. Continuando poi la concentrazione coi soliti apparecchi a vuoto, a doppio o triplo effetto (come vennero ricordati nella lavorazione del cloruro di sodio a pag. 47) si arriva alla soda caustica solida pura che contiene meno del 2 % di cloruro sodico.

Spianato così il terreno dalle difficoltà tecniche, si avrebbe dovuto presumere che il nuovo processo elettrolitico nella sua semplicità, avesse senz'altro spostato e sostituito completamente i vecchi processi. In realtà però si andò ad urtare contro un altro scoglio, non più d'indole chimica, ma di ordine commerciale, scoglio che stabilisce dei limiti ben definiti allo sviluppo delle fab-

(1) *E. Molinari*: Trattato di Chimica inorganica generale e applicata all'industria 1905; pag. 468 e seguenti.

briche di soda caustica elettrolitica. Infatti per ogni 100 kg. di soda caustica si produce una quantità di cloro corrispondente a circa 250 kg. di cloruro di calce. Orbene, il consumo mondiale del cloruro di calce è molto inferiore a quello della soda caustica e finchè non si troveranno ulteriori impieghi del cloro bisognerà regolare la produzione della soda e potassa caustica elettrolitica in base alla richiesta di cloro o cloruro di calce. Il consumo del cloruro di calce è aumentato alquanto in questi ultimi tempi. perchè il prezzo che prima era di 20 lire al quintale, è disceso ora sino a 10 lire: nel 1904 la produzione mondiale del cloruro di calce raggiunse le 260.000 tonn., delle quali 85.000 sono dovute alla Germania e buona parte all'Inghilterra e alla Francia. La Germania nel 1901 esportò 33.000 tonn. di cloruro di calce.

Schema della fabbricazione di soda caustica elettrolitica, senza diaframmi; col processo della *Società Chimica-Metallurgica* di *Aussig*.

I tentativi di utilizzare il cloro nella fabbricazione di acido cloridrico, per quanto tecnicamente riusciti, non potranno mai essere praticamente applicati; perchè pei principî fondamentali di termochimica, l'acido cloridrico si ottiene con minor impiego di energia preparandolo col processo Leblanc insieme al carbonato sodico che non dal cloro, ottenuto per dissociazione elettrolitica del cloruro di sodio. E per le stesse ragioni non conviene trasformare l'idrato sodico in carbonato.

La produzione della soda caustica è data specialmente dall' Inghilterra e dalla Germania. Quest'ultima nazione nel 1902 produsse 70.000 tonn. di soda caustica e 35.000 di potassa caustica e di questa 30.000 tonn. furono fabbricate con processi elettrolitici. La Germania esportava nel 1901 circa 5000 tonn. di soda caustica e 15.000 di potassa caustica.

L'Italia nel 1902 importava 17.500 tonn. di soda caustica pel valore di L. 4.557.000 e però nel 1903 la Società elettrochimica di Roma cominciò a produrre con 2500 tonn. e l'importazione discese allora a 16540 tonn.

*
* *

Ipocloriti (*sali per sbianca*) e *clorati alcalini.* La fabbricazione di questi prodotti, oggi si lega strettamente alla preparazione elettrolitica degli alcali caustici.

Dopo che *Scheele* nel 1774 ebbe scoperto il cloro, il *Berthollet* riconobbe subito le proprietà imbiancanti di questo gas di color verdastro, e ne tentò anzi l'utilizzazione pratica, facendo delle soluzioni acquose.

Già nel 1789 a *Javel*, presso Parigi, se ne era fatta un' applicazione più importante facendo gorgogliare questo gas in soluzioni di potassa.

Ne risultava così un liquido con proprietà imbiancanti molto più energiche di quello preparato dal *Berthollet*, e attraverso tutto il secolo XIX non scemò la fama dell'*acqua di Javel*, presso tutti i tintori e gli sbiancatori di cotone. Fin dall'inizio però, nel 1799 il *Tennant* in Inghilterra aveva fatto una scoperta ancor più importante ed alla quale ancor oggi si deve il reagente più usato in tutto il mondo nelle sbianche e nelle tintorie. Egli aveva dapprima trovato che il cloro viene assorbito anche dal latte di calce, e subito dopo osservò che anche la calce spenta secca assorbe pure notevoli quantità di cloro, producendo una sostanza bianca, solida di grande potenza imbiancante. Si aveva così un prodotto più economico dell'acqua di Javel e di più facile trasporto.

L'acqua di Javel aveva ceduto lentamente il posto all'*acqua di Labarraque* perchè la soda era divenuta più economica della potassa e l'efficacia del liquido era quasi eguale avendo nella prima dell'ipoclorito potassico, nella seconda dell'ipoclorito sodico.

E però anche quest'ultima soluzione non poteva più sostenere la concorrenza col *cloruro di calce* solido (ipoclorito di calcio) molto più economico. Il prezzo di questo sale, infatti era disceso dalle 425 lire al quintale, come lo si pagò nel 1790, a L. 52 nel 1852 e poi ancora a L. 27 nel 1860 e a L. 15 nel 1886. Sembrava che non fosse più possibile discendere al disotto di tale prezzo, ma coll'apparire delle industrie elettrochimiche, le condizioni del mercato furono nuovamente spostate. Abbiamo già visto quali enormi quantità di cloro vengano oggi prodotte nelle fabbriche di soda caustica elettrolitica, cloro che viene quasi tutto trasformato in cloruro di calce, portando nel 1904, ad una produzione mondiale di 260.000 tonn. Il prezzo infatti potè discendere ancora, e quando nel 1902-1903 si sciolse il sindacato Europeo che regolava i prezzi di questo sale, si raggiunsero le 8 lire al quintale.

Da qui si vede anche come la stessa esistenza dell'industria della soda elettrolitica sia strettamente legata non solo al consumo del cloruro di calce, ma anche al suo prezzo.

Ma i processi elettrolitici portarono un altro vantaggio alle industrie tessili; essi permisero cioè ai singoli industriali di prepararsi in casa ed in modo semplicissimo l'acqua di *Javel* o di *Labarraque* ad un prezzo ancor più basso del cloruro di calce.

Introducendo i due elettrodi d'una sorgente elettrica in una vasca contenente una soluzione fredda di cloruro sodico o potassico, senza bisogno di diaframmi, ma anzi lasciando mescolare i prodotti dell'elettrolisi all'istante della loro formazione (soda caustica e cloro), ne risulta una soluzione molto energica di ipoclorito sodico o potassico che può passare direttamente ed in modo continuo ai bagni di sbianca.

Chi non voleva attenersi a questo processo faceva passare semplicemente i tessuti da imbiancare nel bagno elettrolitico ottenendo così una sbianca ininterrotta e molto economica.

Hermite e *Kellner* idearono degli apparati ingegnosi per queste applicazioni pratiche e dopo superate le prime difficoltà, incontrarono il favore degli

industriali, i quali hanno ora nelle mani la chiave per regolare i prezzi del cloruro di calce di fronte ai sindacati che vorrebbero monopolizzarlo. Se il prezzo di questo sale è troppo alto essi fanno funzionare i loro apparati elettrolitici per la nuova acqua di *Javel* o di *Labarraque*, se il prezzo è molto basso consumano il cloruro di calce. E così l'elettrochimica si è resa ancor una volta benemerita del progresso industriale.

*
* *

L'elettrolisi dei cloruri alcalini ha portato la rivoluzione anche in un'altra fabbricazione. Il *clorato potassico* che ha così varie applicazioni — dai fiammiferi ai fuochi d'artificio, dalle capsule esplosive all'ossidazione nei diversi processi di tintura e di stampa venendo sino all'uso medicinale — si preparava sino a pochi anni addietro esclusivamente col processo proposto dal *Liebig* sin dal 1842, col quale si faceva gorgogliare del cloro in latte di calce. Il clorato di calce si trasformava in clorato potassico mediante una soluzione di cloruro potassico. Con questo processo però la più gran parte del cloro è consumata a formare anche del cloruro di calcio ($Ca\,Cl_2$), che non ha nessun valore pratico.

Dopo che *Oettel* ebbe dimostrato che, facendo l' elettrolisi di soluzioni concentrate *calde* di cloruro sodico senza diaframmi, si forma facilmente del clorato sodico, si iniziò nel 1891 la preparazione del clorato elettroliticamente in una prima fabbrica svizzera. Seguirono ben presto dei tentativi in diverse nazioni, ma in molti luoghi si dovette desistere perchè, mentre col vecchio processo vi era grande spreco di cloro, col nuovo processo invece si aveva grande consumo di energia elettrica. Avvenne così uno spostamento generale delle fonti produttrici di clorato e queste oggi si sono estese solo nelle regioni dove si hanno abbondanti forze d'acqua che producono l'energia elettrica a prezzo molto basso.

Nel 1900 in Francia, Svizzera, Finlandia, Svezia e Norvegia, lavoravano complessivamente 7 grandi officine con una forza totale di 28000 cavalli. La produzione raggiunse in quell'anno; 90.000 quintali.

*
* *

Fosforo. Questa sostanza venne ottenuta, si può dire, per sorpresa, dall'alchimista *Brandt* verso il 1670.

Allora era l'epoca in cui il pazzo sogno della pietra filosofale ossessionava tutti gli alchimisti. In una sua esperienza, che secondo il *Brandt* doveva condurre alla scoperta famosa, dopo aver fatto evaporare grandi quantità di orina, invece della pietra filosofale, egli si trovò in presenza d'una sostanza ignota e strana che mandava sprazzi di luce nell'oscurità. Questa sostanza era il fosforo.

Il fosforo ebbe una importante applicazione solo dopo il 1830, quando un medico francese, il *Sauria*, e il chimico tedesco *Kammerer*, allora detenuto politico in una fortezza di Stato, ebbero la felice ispirazione di servirsene per l'accensione di stecchini di legno. Ebbe così origine l'importante industria dei fiammiferi, la quale subì poi tanti notevoli perfezionamenti sia dal lato

chimico che da quello meccanico e ci fornisce oggi i più svariati prodotti indispensabili alla vita quotidiana.

Il *Scheele* aveva ottenuto il fosforo, trattando le ossa con acido solforico per trasformare il fosfato tricalcico (che quelle contengono in preponderanza) nel fosfato monocalcico solubile e scaldando poi questo in appositi forni con carbone.

Tale processo era ancora usato sino a pochi anni addietro. Si era però riusciti a scongiurare molti dei gravi pericoli che presentava il *fosforo giallo* così ottenuto — assai velenoso e molto infiammabile — trasformandolo col riscaldamento, fuori dal contatto dell'aria, in una forma allotropica perfettamente innocua, nel *fosforo rosso.*

Il *Wöhler* aveva da molti anni tentato di preparare il fosforo partendo dai fosfati minerali, molto più economici delle ossa, riscaldandoli con carbone e silice. Il processo in quell'epoca non poté avere una pratica applicazione perché non era facile raggiungere le elevate temperature indispensabili per provocare la liberazione del fosforo e fu solo dopo il 1890 che si ripresero i tentativi, quando il *Moissan* ebbe introdotto nell'industria il forno elettrico che permetteva di raggiungere facilmente temperature altissime.

Dopo il 1897 apparve sul mercato il fosforo ottenuto elettricamente e oggi i due milioni e mezzo di chilogrammi di fosforo che si consumano nel mondo, sia nell'industria dei fiammiferi, che nella preparazione di colori d'anilina e più ancora nella fabbricazione di importantissime leghe metalliche, è in gran preponderanza preparato con questo nuovo processo.

Le più importanti fabbriche di fosforo si trovano in America, Inghilterra e Francia. L'Italia nel 1902 importò 783 quintali di fosforo pel valore di L. 313.000.

*
* *

Carburo di calcio. Ecco un altro prodotto che fu scoperto sin dal 1862 da *Wöhler*, ma non poté essere fabbricato su scala industriale che in questi ultimi anni, dopo che il forno elettrico ebbe fatto la sua entrata trionfale nelle più svariate lavorazioni chimiche.

La sua preparazione è di una semplicità sorprendente per quanto riguarda gli ingredienti che debbono reagire: calce e carbone ($Ca\,O + 3\,C = CO + Ca\,C_2$), e permette di passare in modo facile, dal mondo inorganico a quello organico perchè trattando il carburo di calcio semplicemente con acqua si forma, come ormai tutti sanno, *l'acetilene* ($Ca\,C_2 + 2\,H_2\,O = Ca\,(OH)_2 + C_2\,H_2$ (*acetilene*) che è il primo membro di una numerosa serie di sintesi organiche che va dagli idrocarburi agli alcoli, agli acidi, agli eteri, ecc.

E se questo ha un'importanza, *per ora*, puramente teorica, non diminuisce tuttavia la sua importanza pratica per la rapida e larga applicazione che ebbe nella creazione di una nuova sorgente luminosa 30 volte più potente del comune gas illuminante. Più recentemente il carburo di calcio venne adoperato nella preparazione della *calciocianamide* (vedi avanti al capitolo dei concimi) che sembra destinata a scongiurare le conseguenze di una terribile calamità per l'agricoltura, quella cioè del prossimo esaurimento dei giaci-

menti di nitro del Chili, divenuti ormai indispensabili per la cultura intensiva che si allarga sempre più nelle nazioni civili.

Il primo brevetto per la preparazione elettrica del carburo di calcio fu preso da *Böhm* nel 1891, ma solo dopo il 1892 fu possibile ottener il carburo di calcio in modo continuo e facile col forno *Moissan* che venne esso pure modificato nei più svariati modi dando origine ad una serie di brevetti, dei quali i più importanti sono quelli di *Siemens-Halske*, *Bullier*, *Heroult*, *Pictet*, *Tenner*, *Regnoli*, ecc.

Si lavora in tutti con una corrente elettrica a basso voltaggio e a grande amperaggio, e la reazione avviene ad una temperatura di circa 3000°. La miscela reagente in contatto coll'arco voltaico fornisce il prodotto fuso, che dopo raffreddamento si rompe con apposite macine e si chiude ermeticamente in cassette per preservarlo dall'umidità che presto lo decomporrebbe.

Forno elettrico di Moissan, per laboratorio.

Quest'industria, che ha acquistato rapidamente grandissima importanza estendendosi in quasi tutte le nazioni, ha potuto reggersi e resistere alla concorrenza solo nelle località dove l'energia elettrica costava poco. L'Italia si trova precisamente fra queste nazioni favorite e delle nostre 4 fabbriche, quella di Terni fornisce circa $^3/_4$ della produzione totale, la quale nel 1903 si elevò a 16250 tonn. pel valore di L. 4.161.300, mentre nel 1900 arrivava appena a 2800 tonn. L'Italia in quell'anno esportò 5000 tonn. di carburo di calcio, e oggi l'esportazione tende ad aumentare vincendo la concorrenza delle altre nazioni che hanno l'energia idraulica più cara.

La produzione mondiale nel 1900 era di 256.224 tonn. per un valore di 96 milioni di lire. La forza elettrica impiegata in questa industria in quell'anno era di 108.000 cavalli, generati in 26 grandi officine.

* * *

Coll'industria del carburo di calcio si connette strettamente l'industria del *carborundo* o carburo di silicio, e della *grafite artificiale*, pei cui prodotti è pure necessario l'impiego del forno elettrico. Anzi in alcuni stabilimenti, nei quali, per condizioni speciali, non conveniva più la fabbricazione del carburo di calcio, si adattò facilmente il macchinario e i forni alla produzione del carborundo.

Il *Moissan* nel 1893 aveva richiamata l'attenzione del mondo intero sulla preparazione del *diamante artificiale* ch'egli aveva ottenuto in minime scagliette cercando di riprodurre in piccolo, quanto egli suppose fosse avvenuto in grande, nelle viscere della terra.

Oggi ormai tutti accettano come più probabile l'ipotesi del *Moissan* che i grossi diamanti del Sud Africa, del Brasile e dell'India si siano formati in epoche molto remote, da carbonio che si è trovato occluso sotto fortissime pressioni, in mezzo a rocce immense, ad altissima temperatura, in modo che dovette trovarsi allo stato liquido. Col lento raffreddamento che probabilmente ha durato parecchi secoli, quel carbonio liquido si è solidificato sotto forma cristallina generando i diamanti delle più svariate grandezze e che dopo lavorazione forniscono i meravigliosi e preziosi *brillanti* che adornano i privilegiati del censo e della finanza (1).

Il *Moissan* riprodusse in piccolo questo fenomeno scaldando del ferro misto a carbone ad una temperatura superiore a 2000° nel forno elettrico. Il ferro così liquefatto ha la proprietà di sciogliere notevoli quantità di carbonio e facendo allora raffreddare rapidamente il ferro, questo tiene occluso, sotto fortissima pressione, il carbonio che poi, rompendo la massa e sciogliendo il ferro con acidi, vien ritrovato in piccole scagliette lucenti identiche al diamante. Il problema del diamante artificiale è dunque teoricamente risolto, ma praticamente non ha alcuna importanza e non può per ora turbare i sonni dei detentori degli immensi tesori diamantiferi, perchè il *Moissan* nel 1893 ottenne solo delle scagliette piccolissime di 0,5 millimetri e nei suoi tentativi del 1905 non superò i 0.75 mm.

(1) I diamanti più celebri sono i seguenti:

Régent o *Pitt:* pesa 136 $^{1}/_{4}$ carati, e prima di essere lavorato pesava 410 carati. È stato stimato per un valore di oltre 12 milioni di lire ed è il più puro ed il più bello che si conosca. Apparteneva al tesoro della corona francese, ed ora trovasi al museo del Louvre a Parigi.

Stella Polare: pesa 40 carati, è molto puro ed appartiene al tesoro della corona di Russia.

Orlow: pesa 195 carati, e per lungo tempo formò uno degli occhi della statua di Brama. Nel 1794 fu acquistato per 2 milioni di lire, più una rendita vitalizia di 16 mila lire annue al venditore ed un titolo nobiliare. Oggi si trova all'estremità dello scettro dello czar di Russia.

Stella del Sud. — Quando fu trovato nel Brasile pesava 250 carati, e dopo la lavorazione per trasformarlo in brillante, rimase con un peso di 125 carati.

Il Fiorentino: pesa 139 $^{1}/_{2}$ carati; ha una tinta leggermente giallognola che però scompare alla luce artificiale, restando brillantissimo. Appartenne al granduca di Toscana, ed ora fa parte del tesoro della corona d'Austria. È stimato 2.500.000 lire.

Il Nassak è pure molto celebrato.

Il gran Mogol: pesa ora 280 carati, mentre prima del 1600 pesava 787 carati: per l'inesperienza di colui che per ordine d'un pascià lo lavorò, venne molto consumato in scarto. L'artista poi, che fu un veneziano, dovette in parte compensare il danno. Il gran Mogol è originario dell'India, ed ora appartiene alla Corona d'Inghilterra,

Il Kohinoor. — Prima del 1850 pesava 280 carati e si dice sia stato ottenuto come frammento nella lavorazione del gran Mogol. Nel 1850 fu acquistato dalla corona d'Inghilterra che lo fece lavorare ad Amsterdam. Oggi pesa soltanto 106 carati.

Il Sancy: pesa 53 $^{1}/_{2}$ carati. Fu comperato nel 1489 da Antonio di Portogallo. Passò poi ai re di Francia e nel 1835 fu comperato dal principe Demeidoff di Russia per 2.000.000 e rivenduto nel 1836 a Parigi per 650.000 lire.

Il Schah: pesa 86 carati, è molto puro. Fu regalato da un principe persiano ad Alessando II di Russia, che lo fece incastonare in una catena da portare al collo.

Pascha d'Egitto: pesa 40 carati.

Il gran Vittoria è un gran diamante trovato nel 1884 al Capo e pesava 457 carati.

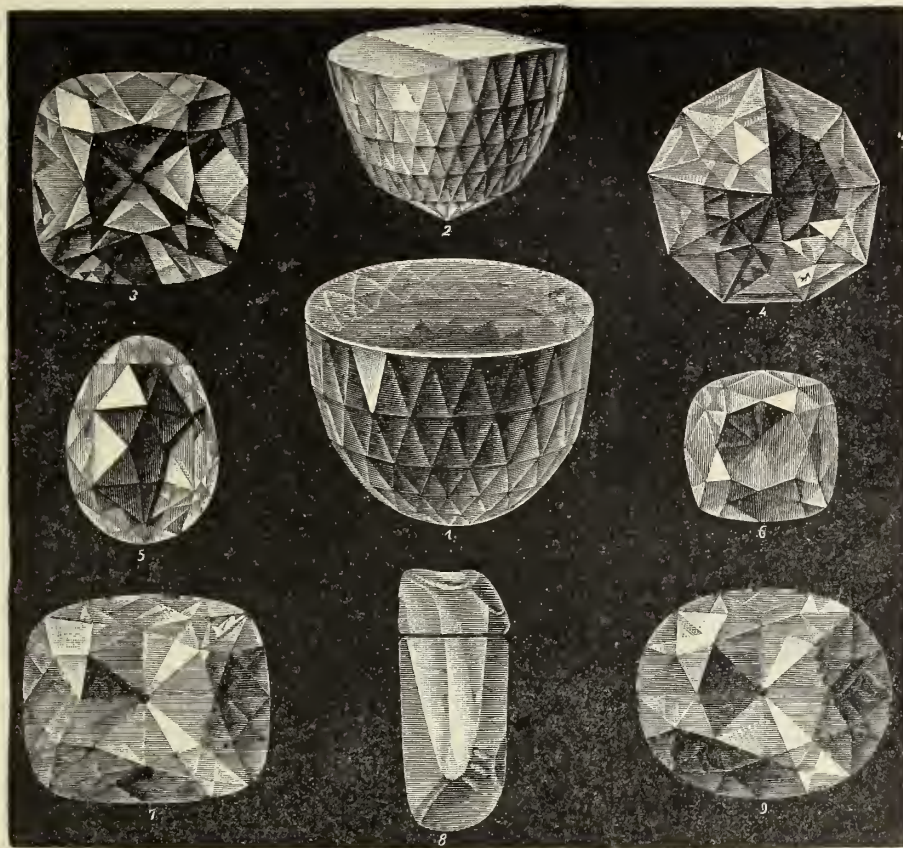
Excelsior. — Fu trovato nel giugno 1893 nell'Orange (a Jagersfontein) e rappresenta il più grande diamante col peso di 972 carati. È bellissimo, leggermente azzurrognolo e venne stimato per un valore di 25 milioni di franchi. Il suo primo proprietario fu Bernheimer che poi lo depositò alla banca d'Inghilterra.

Il 27 Gennaio 1905 a Pretoria, nel Transwal, si scoprì il più grosso diamante del mondo con un peso di 3032 carati e si studia ora il miglior modo di utilizzarlo e di lavorarlo.

Per questi imperatori del regno minerale si registra con grande scrupolo il giorno della loro scoperta e poi quando hanno acquistata la forma definitiva che artisti provetti nell'arte dei brillanti, gli hanno destinata, entrano nel grande mondo dei privilegiati, battezzati con grande solennità coi nomi più pomposi, come si usa ancora pei principi reali e per gli stalloni puro sangue!

Nel 1894 l'*Acheson* in America, in accordo e per consiglio dell'*Edison*: ritentò la prova sciogliendo del carbonio nel silicato d'alluminio fuso nel forno elettrico.

Con sua grande sorpresa ottenne dei bellissimi cristalli lucenti e abbastanza grossi, ma con riflessi azzurro-verdastri che non potevano lasciare alcun dubbio nella differenza di questo prodotto dal diamante. L'*Acheson* aveva ottenuto involontariamente e per la prima volta il *carburo di silicio* che venne denominato *carborundum.*

Si trovò subito che questa sostanza aveva delle proprietà specialissime,

I più celebri diamanti e brillanti.
1. Gran Mogol — 2. Orlow — 3. Reggente — 4. Fiorentino — 5 Sancy — 6. Stella Polare — 7. Stella del Sud — 8. Schah — 9. Kohinoor.

era durissima, quasi come il diamante, e vetrificato insieme al caolino o al feldspato si usa per fabbricare delle eccellenti mole per smeriglio, e in metallurgia si usa oggi con vantaggio nella preparazione del *ferro silicio.*

Il carborundo ha anche la proprietà di resistere a temperature altissime e di condurre molto meglio il calore di certe altre sostanze, sicchè si cerca ora di utilizzarlo per fabbricare del materiale refrattario resistente a forti sbalzi di temperature. Quando si potrà ottenere a prezzo più basso, si potrà certamente applicare in molte industrie; oggi costa ancora una lira al Kg.

La produzione di questa sostanza al Niagara aveva già raggiunto le 2370 tonn. nel 1903 e aumentò sino a 3500 tonn. nel 1904, pel valore di

L. 3.500.000. La lavorazione si fa in grandi forni elettrici nei quali si introduce in una sol volta la miscela formata da 30 quintali di carbone, 60 quintali di sabbia silicea e 15 quintali di cloruro di sodio (che funziona da fondente). Con una corrente elettrica di 1000 cavalli si mantiene una temperatura di oltre 3000° e dopo 36 ore si hanno circa 4 tonnellate di carborundo che si separa dall'eccesso di silice con una miscela bollente di acido nitrico e fluoridrico.

*
* *

Dall'industria del carborundo sorse recentemente un'altra industria, non meno importante, quella della *grafite artificiale*. L'*Acheson* aveva osservato che se nei forni elettrici del carborundo la temperatura supera alquanto quella di formazione del carburo di silicio, allora questo si dissocia mettendo in libertà il carbonio allo stato grafitico. Da questo fatto l'Acheson dedusse, nel 1901, che scaldando il carbone a temperature altissime, in presenza anche di piccole quantità di sostanze minerali capaci di formare dei carburi, esse funzionano quasi da catalizzatore, (vedi pag. 53 e 54) trasformando notevoli quantità di antracite o di coke, in carbone grafitico.

La grafite artificiale ha già avuto diverse applicazioni, come lubrificante, come materia prima per far crogiuoli resistenti alle più alte temperature per fabbricare degli elettrodi resistenti all'azione degli alcali e del cloro, usati nell'industria elettrochimica moderna. La *International Acheson Graphite C°* al Niagara Falls nel 1904 produceva già 1600 tonn. di grafite artificiale pel valore di L. 1.108.000.

*
* *

Questi recenti successi dell'elettricità applicata alla chimica eran però stati preceduti da altri ancor più importanti, alcuni dei quali vogliamo qui sommariamente ricordare.

Certi metalli, come il *sodio* ed il *potassio*, si trovano abbondantissimi in natura allo stato di cloruri e a più riprese si tentò di prepararli elettroliticamente, dopo che Davy, nel 1807, li ottenne dai corrispondenti idrati mediante la corrente elettrica. E i tentativi si moltiplicarono quando il *Deville* nel 1854 ebbe dimostrato che col sodio metallico si poteva poi preparare l'alluminio. Ma in quell'epoca il sodio costava 2000 lire al Kg e solo dopo che il Deville l'ottenne riscaldando fortemente del carbonato sodico con carbone, il prezzo discese rapidamente sino alle 100 lire al Kg. Ma anche a queste condizioni non si poteva parlare d'una vantaggiosa applicazione del sodio negli usi industriali. E si arrivò così sino al 1886, quando *Castner*, modificando radicalmente il processo Deville e sostituendo la soda caustica al carbonato sodico, potè far abbassare il prezzo del sodio a meno di 5 lire al chilogrammo. Solo allora diveniva possibile preparare grandi quantità di sodio per la fabbricazione dell'alluminio, senonchè questo importante metallo s'era proprio in quel momento emancipato dall'uso del sodio per la sua preparazione (vedi avanti).

Il *Netto* nel 1898 perfezionò ancora il processo chimico ribassando ulteriormente il prezzo del sodio, ma il Castner aveva fin dal 1890 intrapreso

delle serie esperienze per preparare il sodio per via elettrolitica, esperienze che furon coronate da successo industriale dopo il 1898, così oggi quasi tutto il sodio vien ottenuto dalla decomposizione elettrica della soda caustica o del cloruro sodico ad un prezzo alquanto inferiore alle 5 lire al Kg. Oggi lo si usa nelle fabbriche di materie coloranti, in quelle di perossido di sodio e nelle fabbriche di magnesio e di silicio.

Il *potassio* metallico, che è molto più caro ed ha un impiego molto meno esteso, si prepara in modo analogo al sodio.

* * *

L'Elettrochimica ha reso possibile l'uso di certi metalli che prima avevano un prezzo proibitivo. E così il *calcio* metallico, che sino a ieri non aveva mai avuto nessuna applicazione pratica e rappresentava solo una curiosità scientifica, dopo che venne ottenuto coll'elettrolisi del cloruro di calcio fuso, trovò applicazioni nella purificazione di alcuni metalli e di diverse leghe metalliche.

Anche il *magnesio* che prima del 1870 costava ancora 500 lire al chilogrammo, dopo il 1884 cominciò a diminuire rapidamente di prezzo applicando alla sua fabbricazione l'elettrolisi del cloruro di magnesio fuso, come aveva proposto Bunsen sin dal 1852. Oggi il prezzo è disceso sino a 15 lire al Kg. Ma ben più interessanti sono le applicazioni dell'elettricità alla fabbricazione del rame e dell'alluminio.

Il *rame* è fra i metalli il più importante dopo il ferro. Le sue applicazioni nella costruzione dei più svariati apparati industriali e il suo impiego nelle condutture elettriche e nella preparazione di leghe importantissime (ottone, bronzo, ecc.) e di sali di grande consumo (solfato di rame) lo hanno reso indispensabile al progresso dell'industria moderna, ed il suo consumo andò rapidamente aumentando col progredire della civiltà in tutte le nazioni.

Il seguente specchietto può dare un'idea dell'importanza che ha oggi assunto questo metallo.

PRODUZIONE DEL RAME IN TONNELLATE.

Anno	Germania	Francia	Inghilterra	Russia	Spagna e Portogallo	Stati U. d'A.	Chilì	Australia	Giappone	Italia	Canadà	Messico	Totale nel mondo	
													prod. tonn.	prezzo tonn. L.
1850	1950	1925	15420	—	—	914	6000	2580	—	—	—	—	57.000	2400
1880	14250	3360	3720	3200	23670	27430	32540	8650	4500	3 0(?)	—	—	155.000	2200
1890	24427	2300	940	5720	64370	117820	24290	6225	18260	6400	2730	5000(?	280.000	1740
1900	30930	6450	770	8130	53720	272500	20340	10500	25700	13200	9000	33000	490.000	1840
1903	21000	50000	500(?)	10000	50000	300000 334000 nel 1904	30000	29000	31000	11217	19000	30000	580.000	1500

Il rame, come tanti altri metalli, si ottenne sino ad ora dai diversi minerali solforati e ossigenati, eliminando prima il solfo col riscaldamento in appositi forni, in presenza di molt'aria e riducendo poi gli ossidi risultanti mediante carbone ad alta temperatura.

E per quanto i processi d' estrazione venissero perfezionati in questi ultimi 50 anni migliorando in tutti i modi i diversi tipi di forni per ottenere rame sempre più puro, colla minima spesa, come veniva richiesto dalle diverse industrie, esso però non soddisfaceva ancora a tutte le esigenze dell'elettrotecnica alla quale ne abbisognavano grandi quantità.

Fu colla stessa elettricità che si riuscì finalmente ad affinare il rame sino ad un altissimo grado di purezza, in modo da soddisfare anche alle più rigorose richieste potendo fornire un metallo con una purezza superiore al 99,5%.

Dal 1880 in poi l'affinazione del rame col processo elettrolitico si estese rapidamente in virtù anche della sua grande semplicità e dopo il 1890 in America gli stabilimenti di affinazione assunsero delle proporzioni veramente gigantesche lavorando già nel 1896 ben 3/5 della totale produzione americana. La *Baltimore Electric Refining Company* nel 1895 raffinava 1000 quintali di rame al giorno, e la *Keritan-Copper-Workes* produce giornalmente 2000 quintali di rame affinato. Le dieci officine americane insieme, nel 1902 affinarono 284000 tonn. di rame, dal quale estrassero contemporaneamente 8370 quintali d'argento e 78 quintali d'oro.

L'affinazione si eseguisce formando delle piastre lunghe 1 m., larghe 50 cm., e dello spessore di 2 o 3 cm., col rame nero che viene dai forni di raffinazione e dai convertitori; queste piastre si dispongono come anodi in una vasca di legno foderata di piombo, piena di una soluzione di solfato di rame, acidulata con acido solforico, e si alternano con altrettante lastre sottili di rame puro, che funzionano da catodi. Facendo passare una corrente elettrica, tutto il rame degli anodi va ad ingrossare la lastra dei catodi mentre tutte le impurità si depositano sul fondo della vasca.

Oggi si spera di poter estrarre elettroliticamente il rame anche dai minerali direttamente, e coll'apparecchio *Siemens-Halske* si possono già lavorare dei minerali relativamente poveri.

* * *

Anche per l'affinazione dell'*oro* e dell'*argento* l'elettricità ha reso grandi servigi in questi ultimi anni, ma l'importanza culminante dell'elettrometallurgia, dopo la lavorazione del rame, l'abbiamo nella fabbricazione dell'alluminio e forse non passeranno molti anni che anche il ferro e l'acciaio verranno prodotti esclusivamente coll'aiuto del forno elettrico.

* * *

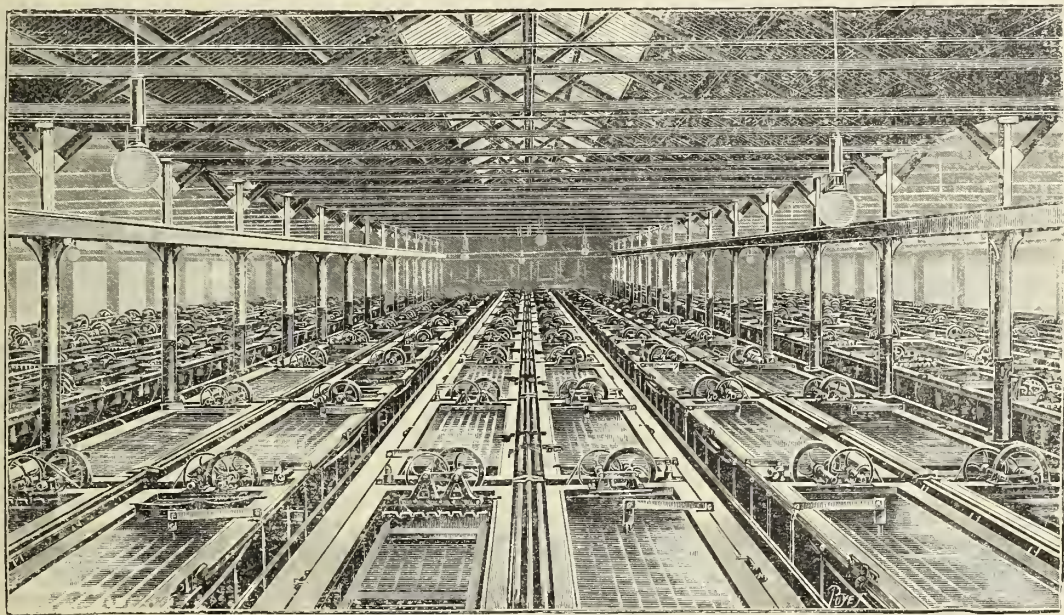
Merita intanto di rivelare come l'*alluminio*, un metallo che sembrava destinato a restare fra le rarità di laboratorio, pur essendo uno dei più diffusi in natura sotto forma di combinazioni svariate (argilla, feldspato, criolite, bauxite, rubino, zaffiro, ecc.) sia oggi divenuto un metallo di grandissima importanza industriale, il cui impiego va estendendosi sempre più.

Il suo aspetto argenteo, inalterabile all' aria, la sua ottima resistenza all'azione dei reagenti chimici, specialmente agli acidi nitrico e solforico concentrati, il suo minimo peso specifico, che lo pone fra i metalli più leggeri (pesa 4 volte meno del rame e tre volte meno del ferro) avevan lasciato intravvedere le più vaste applicazioni dell'alluminio, che da principio furono ostacolate dall'elevato prezzo di questo metallo. Bisogna però dire che quando più tardi lo si potè avere a prezzi mitissimi, non tutti i sogni compreso quello della sostituzione del ferro e di altri metalli negli usi comuni, si avverarono.

E però il suo consumo è straordinariamente aumentato in questi ultimi anni, di pari passo colla diminuzione del suo prezzo, e oltre alla fabbricazione di tanti oggetti d'uso domestico e di molte parti di macchine, l'alluminio viene oggi usato in quantità grandissima nella preparazione di nuove leghe usate largamente nell'industria.

La storia di questo metallo può servire come esempio tipico di quanto può produrre l'industria chimica moderna, quando essa procede sulle orme segnate dalla scienza.

Il *Wöhler* lo otteneva per la prima volta in laboratorio nel 1827, facendo passare dei vapori di cloruro d'alluminio sul potassio arroventato: formava allora una semplice curiosità scientifica.

Il *Bunsen* nel 1854 lo separava dal cloruro di alluminio in presenza di cloruro di sodio fuso mediante l'elettrolisi, ma il suo prezzo si manteneva

Raffinazione elettrolitica del rame.

sempre intorno alle 1200 lire al Kg. Fu in quell'epoca che il *St. Claire Deville* ottenne il sodio a condizioni relativamente vantaggiose e potè usarlo nella fabbricazione dell'alluminio al posto del potassio. Nel 1855 il mondo chimico registrava un grande avvenimento quando il *Deville* dichiarò d'esser riuscito a preparare 30 Kg. di alluminio. Nell'anno dopo, il prezzo del curioso metallo era disceso a 375 lire il Kg. Ma anche in queste condizioni l'alluminio

non poteva acquistare nessuna importanza pratica. Bisognava cercare delle materie prime più economiche, e delle sorgenti di energia più potenti per decomporre quei composti straordinariamente stabili.

I tentativi per arrivare alla soluzione del problema con processi elettrici, rimasero senza risultato pratico sino al 1886, ma nel 1888 a Neuhausen (presso Sciaffusa) sorgeva un colossale stabilimento che utilizzava una parte della celebre cascata del Reno per fabbricare l'alluminio metallico a bassissimo prezzo (V. fig. pag. 81). Quasi contemporaneamente l'*Héroult* e il *Kiliani* eran riusciti a decomporre l'alluminio fuso mediante un potente arco voltaico. Il problema era stato felicemente risolto: tutte le difficoltà pratiche furon man mano eliminate e il prezzo che era già disceso sino ad 85 lire al Kg. nel 1886, nel 1890 precipitò a 15 lire, nel 1895 a L. 4, ed oggi costa meno di L. 2.50!

Era naturale che colla discesa del prezzo si estendessero le applicazioni di questo pregevole metallo; infatti mentre la produzione mondiale nel 1883 era di soli 20 quintali e nel 1889 di 710 quintali, essa salì a 7160 nel 1893, a 40240 nel 1898, e a 65000 quintali nel 1903.

La maggior quantità è oggi prodotta dagli Stati Uniti d'America, segue poi la Svizzera e quindi la Francia e l'Inghilterra. In Italia nel 1904 (forse troppo tardi) si è pure costituita una società per la fabbricazione dell'alluminio in località dove l'energia elettrica costa poco.

Una nuova applicazione dell'alluminio ha creato un'industria importante della quale non è ancor possibile intravvedere le ultime sue applicazioni nella pratica per produrre alte temperature. *H. Goldschmidt* della casa Krupp di Essen nel 1900 ha tratto partito della enorme quantità di calore che si sviluppa bruciando l'alluminio finamente suddiviso. In questa combustione si forma dell'ossido d'alluminio e si sviluppano ben 300.000 calorie e si possono avere temperature superiori a 2000°. Se si mescola la polvere di alluminio con un ossido metallico qualsiasi e poi si provoca l'accensione dell'alluminio, questo brucia a spese dell'ossigeno dell'ossido metallico adiacente e mette in libertà il metallo dell'ossido, allo stato fuso e puro.

La miscela di alluminio ed ossido di ferro forma oggi la così detta *termite* colla quale si possono saldare oggetti di ferro e di ghisa e parti di macchine rotte, avvolgendo i punti da saldare con una scatola metallica piena di termite. Il ferro fuso risultante si accumula nel punto rotto, che si scalda e si salda perfettamente senza che in quella posizione vi sia più pericolo di rottura.

Questo lavoro è possibile farlo sul posto dove si trova l'oggetto senza bisogno di montare la macchina o di trasportarla nelle officine. Si vedono allora subito i grandi vantaggi nelle riparazioni di grandi macchine, di navi e di corazze e per saldare le rotaie dei tram e delle ferrovie formando un sol pezzo di rotaia per la lunghezza di chilometri, come si fa già in diverse nazioni.

Per mezzo dell'*alluminotermia* divenne possibile preparare facilmente e allo stato puro dei metalli che una volta erano difficilissimi e costosissimi ad ottenersi, quali il manganese, il cromo, il molibdeno, il volframio, il titanio, ecc.

La metallurgia ha così un nuovo potente mezzo per la lavorazione dei minerali e dei metalli.

*
* *

Galvonoplastica e galvanostegia. Già nel 1805 *Brugnatelli* era riuscito a indorare delle monete d'argento galvanicamente, e nel 1836 *Elkington* in Birmingham aveva cercato di sostituire la solita doratura a fuoco degli oggetti d'argento mediante dei bagni di cloruro d'oro e bicarbonato potassico. Si ottenevano però delle dorature troppo sottili. Nel 1873 lo *Jakobi* a Pietroburgo trovò un processo ingegnoso per riprodurre delle medaglie, e degli oggetti artistici prendendo di questi lo stampo esatto mediante cera o gesso e poi spolverando con grafite finissima la superficie dello stampo stesso in tutti i suoi dettagli per rendere la superficie conduttrice dell' elettricità. Egli sospendeva poi questo stampo al polo negativo (catodo) di un bagno elettrico, contenente un sale del metallo opportunamente scelto e formante il polo positivo. Facendo passare la corrente elettrica in questo bagno, lo stampo si rivestiva di particelle finissime, formanti una superficie continua e compatta, provenienti dal metallo costituente il polo positivo (anodo), il quale man mano si scioglie nel bagno e va a depositarsi al catodo. Questi lavori vennero perfezionati da *Spencer* a Liverpool, e poi dal *de la Rive* a Parigi, il quale riuscì a dorare nel 1840, anche oggetti di rame e d'ottone. Così la galvanoplastica non si limitava più a riprodurre oggetti, ma diveniva la *galvanostegia* mediante la generalizzazione intravveduta e applicata industrialmente nel 1842 da *Ruolz*, per rivestire i più svariati metalli con strati più o meno sottili d'altri metalli. Fu in quell'epoca e utilizzando quei processi, che sorse a Parigi la celebre *Casa Christofle* e nel 1844 a Birmingham lo stabilimento dei fratelli *Elkington*, a cui seguirono ben presto numerosi altri stabilimenti in diverse nazioni.

Il *Böttger* nel 1843 aveva già perfezionato il processo della platinatura impiegando un bagno di cloruro platinico ammonico ed ammoniaca, poi nel 1878 propose il bagno di cloruro platinico ammoniaco e di citrato sodico come viene usato ancora oggi. E si deve pure al Böttger la prima nichelatura industriale ben riuscita nel 1843, coi bagni di solfato doppio d'ammonio e di nichel, bagni che vennero migliorati nel 1875 da *Plazan* con aggiunta di acido citrico, e meglio ancora da *Weston* nel 1879, il quale ottenne delle perfette nichelature bianche ed omogenee sostituendo l'acido citrico con acido borico. Nel 1897 poi *Förster* riuscì a preparare delle forti nichelature con bagni caldi di solfato di nichel.

Le deposizioni galvaniche di ferro presentarono maggiori difficoltà e i tentativi di *Böttger* e di *Ryhiner*, nel 1848, non approdarono a risultati pratici, mentre invece destarono grandi speranze i lavori di *Feuquierès* nel 1867 e meglio ancora quelli di *Lenk* nel 1869, coi quali si adoperavano dei bagni di solfato di magnesio e solfato di ferro, in presenza di carbonato basico di magnesio.

Si tentò pure, da *Ruolz* e da *Yakobi,* ma senza risultato industriale, di ottenere anche le leghe metalliche galvanicamente, formando dei bagni con miscele di diversi cianuri metallici. Solo dopo il 1895 il processo divenne importante e pratico quando *Yordis* ai cianuri sostituì i lattati, cioè le soluzioni di metalli in acido lattico.

Benchè la galvanoplastica e la galvanostegia abbiano fatto notevoli progressi in questi ultimi 50 anni, pure il loro campo è del tutto sfruttato e da esse si attendono ancora nuove opere che recheranno nelle industrie altre importanti innovazioni e migliorie.

*
* *

3) Industrie dei concimi chimici.

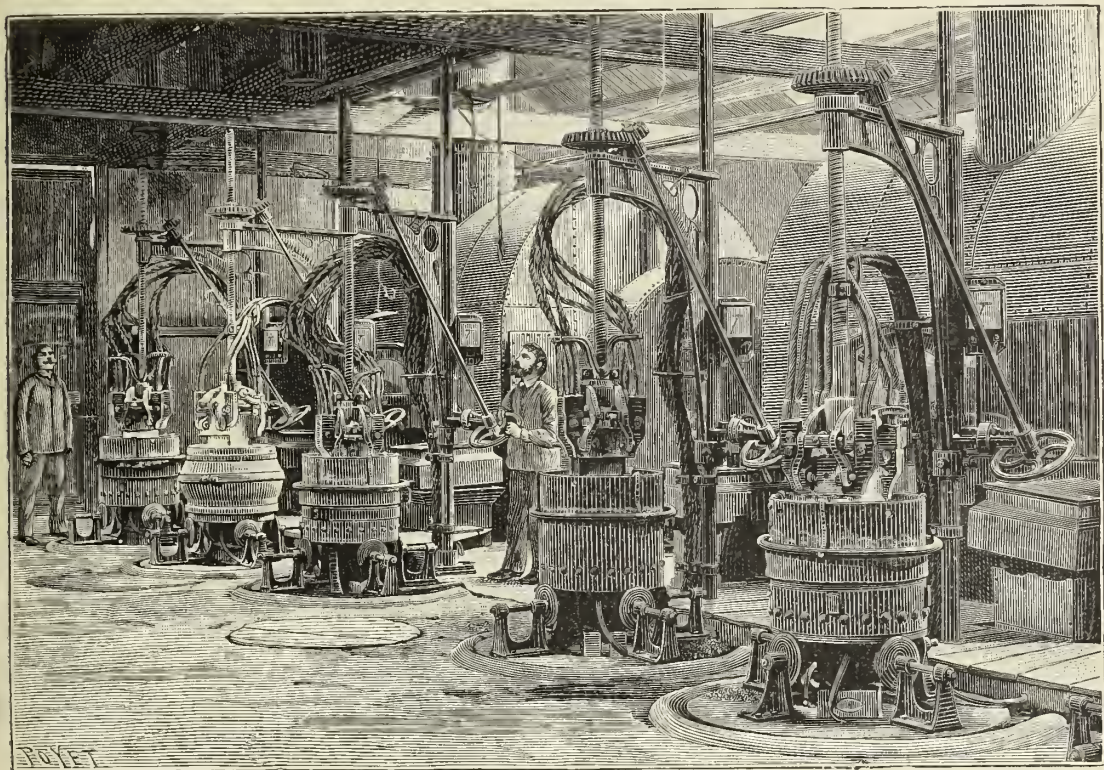
Per tanti secoli dall' origine dell' agricoltura sino al principio del secolo XIX, l'uomo non si è mai preoccupato di sapere se la terra, tanto prodiga, fosse proprio una sorgente inesauribile di fertilità. Se una tale illusione ha potuto durare sino a che l'uomo poco chiedeva al suolo che lavorava, essa andò man mano dileguando quando la popolazione s' intensificò e i bisogni aumentarono. Si cominciò col restituire al terreno, sotto forma di stallatico e di rifiuti domestici una piccola parte di quanto ogni anno si asportava colle messi (1). Ciò potè prolungare in alcune regioni la fecondità del terreno, ma non impedì che l'antico granaio d'Europa — la Sicilia e le Puglie — non producesse più neanche il grano necessario alle sue popolazioni.

Alla fine del XVIII secolo era divenuto imperiosamente urgente nelle nazioni civili il problema della *conservazione* della fertilità nel terreno e la soluzione si credette d'averla trovata nello stallatico, che, secondo *Palissy* (1550), *Leblanc* (1780) e *Sprengel*, ridava al terreno i sali indispensabili alla vegetazione, mentre ancora al principio del XIX secolo, il *Thaer* in Germania e il *Dombasle* in Francia, attribuivano l'azione benefica del letame alla sua ricchezza in sostanze organiche che andavano a formare l'*humus* del terreno ritenuto allora la materia prima necessaria ai vegetali. Ben presto però coll'aumentare della popolazione e cogli accresciuti bisogni dei popoli civili, si affacciò un altro problema più importante e ben più difficile a risolversi, quello cioè di *aumentare* la fertilità del terreno per sottrarsi allo spettro terribile della legge Malthusiana che voleva provare l'inevitabile corsa dell'umanità verso la carestia e la fame, perchè le popolazioni aumentavano in proporzione molto maggiore che non la produttività del suolo.

I monumenti elevati ai guidatori d'eserciti ed ai massacratori di popoli dovrebbero offuscarsi davanti al vero monumento che l'umanità intera dovrebbe erigere a *Giusto Liebig*, il chimico geniale che seppe felicemente risolvere quel grave problema, moltiplicando le ricchezze dell' agricoltura e schiudendo le speranze ad un'èra nuova di abbondanza e di benessere per tutti.

Sin dal 1840 il Liebig era insorto contro la teoria del Thaer e del Dombasle, che già troppo aveva ritardato il progresso dell' agricoltura coll'esagerata importanza che si attribuiva allo stallatico. Egli dimostrò sperimentalmente e con tutto il rigore scientifico che le piante verdi trovano il più prezioso nutrimento nelle sostanze minerali assimilabili del terreno e dell'at-

(1) Nel Perù era impiegato nell' agricoltura, sin dal 1300 sotto il Regno degli Incas, il *guano* formante immensi strati di escrementi d'uccelli e di scheletri d'animali, che vissero nelle passate epoche geologiche. In Europa i guani si importarono in notevoli quantità solo dopo la prima metà del XIX secolo.

mosfera; l'acido carbonico, l'ammoniaca, l'acqua, l'acido fosforico, la potassa, ecc., ecco gli elementi indispensabili al rigoglioso accrescimento dei vegetali, mentre lo stallatico e tutti gli altri rifiuti dell'economia domestica, devono la loro importanza più di tutto ai soli minerali che contengono e non alle loro sostanze organiche. Il Liebig stabilì il vero e rigoroso bilancio agricolo per la coltura razionale: bisognava ridare al terreno sotto forme varie ed economiche, i sali che si asportano colle messi annuali, onde conservare la fertilità primitiva, e bisognava dare in maggior quantità le sostanze più indispensabili (azoto, potassa, fosforo), che nel terreno ordinariamente scar-

Forni elettrici della fabbrica di alluminio a *Froges* (V. pag. 78).

seggiano, per poter *aumentare* la fecondità ed arrivare ad una produzione molto più abbondante.

Da questi precisi e chiari concetti del Liebig, ebbe origine l'industria dei concimi chimici, che in 50 anni ha preso poi uno sviluppo impreveduto, quasi fantastico, e continua ancora nella sua rapida corsa ascendente, allargando la sua influenza in tutte le nazioni e spingendosi nelle contrade più lontane sino a ieri inacessibili al soffio della nuova scienza.

Già verso la metà del XVIII secolo si era trovato che le ossa frantumate portavano nel terreno una certa fertilità e coi concetti di allora si credeva che essa fosse dovuta più specialmente alle sostanze grasse e collanti contenute nelle ossa stesse. Nel 1840 il *duca di Richmond*, in Inghilterra, dimostrò con importanti esperienze pratiche che l'azione benefica delle ossa nel terreno era dovuta quasi esclusivamente al fosfato di calcio da esse contenuto, confermando così le conclusioni a cui era giunto il Liebig, il quale nello stesso

anno aveva scoperto che l'efficacia delle ossa per la vegetazione era resa ancora maggiore e molto più pronta e rapida se si trattavano in precedenza con acido solforico, in modo da formare dei fosfati solubili, più facilmente assimilabili dalle piante.

Nel 1848 *Paine de Farnhan* annunciava al mondo intero, e nel 1856 *Elie de Beaumont* confermava con estese esperienze pratiche, una scoperta che portava in sè il germe della grande industria moderna dei perfosfati: essi avevan trovato che l'agricoltore poteva ottenere lo stesso effetto fertilizzante delle ossa, impiegando anche semplicemente dei *minerali fosfatici* molto finamente polverizzati. Il Liebig nel 1857 completava l'esperimento del *de Beaumont* trattando dei fosfati minerali polverizzati con acido solforico. L'industria dei perfosfati nasceva così sotto i migliori auspici e le speranze del *Liebig* e dei suoi continuatori non andarono deluse: i concimi chimici in breve tempo si imposero anche agli agricoltori più diffidenti e restii per ignoranza e per la misoneistica consuetudine di avversare e temere ogni cosa nuova.

*
* *

I terreni contengono ordinariamente meno di 0.2% di fosfato di calcio e d'altra parte per ogni ettaro di terreno, il frumento sottrae annualmente circa 47 Kg. di fosfato calcico; la barbabietola da zucchero 94 Kg.; la canape 95 Kg. e il trifoglio 111 Kg. Per sopperire razionalmente alle sottrazioni che si facevano al terreno colle abbondanti messi, non erano più bastanti le ossa, che già erano salite a prezzi elevati per la loro grande ricerca, ma bisognava cercare un' altra sorgente di sostanze fosfatiche, più economica e più abbondante. I grandi giacimenti di guano del Perù, della Columbia, della Bolivia e della Patagonia, furono sfruttati nel modo più razionale, e una numerosa squadra di bastimenti inglesi stabilì un commercio attivissimo fra quelle regioni e i porti d'Europa. Ma per quanto immensi, quei depositi andarono lentamente esaurendosi, mentre d'altra parte le richieste dell'agricoltura andavano invece aumentando a dismisura. E giunse allora benefica e opportuna la scoperta di altri tesori naturali , che potevano fornire all'agricoltura dei fosfati in abbondanza ed a prezzo mitissimo. In Inghilterra e nella Spagna si trovarono dei filoni formati da crete e sabbie contenenti sino il 70% di fosfato tricalcico, e queste scoperte eccitarono scienziati ed industriali alla ricerca di nuovi giacimenti in Russia delle *fosforiti* ricchissime di fosfati, e più importanti furono le scoperte degli immensi giacimenti nella Florida, nella Virginia, nelle Caroline; più recentemente nell'isola di Natâl e abbondantissimi nel Tennessee (S. U. d'A) e a Gafsa in Tunisia.

Queste fosforiti sono formate da fosfato tricalcico amorfo, pure di origine animale, — perchè in esse si ritrovano sovente dei denti inalterati di animali che vissero in epoche molto lontane da noi —, e si possono considerare come degli immensi depositi di guano mineralizzato, che si trovano formanti ora dei banchi quasi a fior di terra ed ora degli strati accumulati in forma di rocce, le quali talvolta, colla corrosione delle acque, si sfasciano lentamente e vanno a coprire il letto dei fiumi con ciottoli più o meno grossi di fosforite.

Per avere una pallida idea dell'importanza delle fosforiti nell'odierna industria dei concimi chimici (perfosfati), basta dare uno sguardo alle seguenti cifre, che si riferiscono alla produzione annuale del fosfato greggio (fosforiti) nei principali centri:

	1893	1898
Florida	400 000 tonn.	650 000 tonn.
Tennessee (nel 1896) . . .	40 000 »	500.000 »
Caroline	500 000 »	400.000 »
Algeria e Tunisia	6 000 »	400.000 »
Francia (Somme)	400 000 »	350.000 »
Belgio	400 000 »	200.000 »
Totale . . .	1.746 000 tonn.	2.500.000 tonn.

La produzione aumentò continuamente anche in questi ultimi anni, e infatti l'Algeria e la Tunisia elevarono la loro produzione nel 1903 a 637.000 tonn. delle quali 360.000 furono fornite dalla sola « Compagnie des phosphates et du Chemin de fer de Gafsa ». Questa compagnia costruì in meno di tre anni una ferrovia di 245 chilometri, per portare le fosforiti sino al porto di Sfax ed iniziò la sua esportazione nel 1899 con 62.000 tonn.

L'importazione di fosforiti nei quattro principali stati d'Europa pei due ultimi anni è stata la seguente:

	1903	1904
Germania	tonn. 461.092	tonn. 608.633
Inghilterra	» 392.714	» 419.221
Francia	» 344.111	» 416 920
Italia	» 211.857	» 249.548

La lavorazione delle ossa è stata perfezionata nel senso di utilizzare anche il grasso che contengono, sottoponendole all'estrazione con solfuro di carbonio o con benzina, e cavandone la colla mediante vaporazione con vapore d'acqua.

Le fosforiti invece si trattano ancora nello stesso modo proposto dal *Liebig*, facendole cioè reagire con acido solforico relativamente concentrato (come si ottiene dalle camere di piombo). Notevoli progressi però si devono registrare nel macchinario impiegato per la loro lavorazione, e nella cura posta dai tecnici di quelle fabbriche, per ottenere il massimo effetto fertilizzante colla minor spesa, riuscendo anche a vincere il grave inconveniente della *retrogradazione,* dovuta al ferro e all'allumina che lentamente rendevano insolubile il perfosfato già formato.

Dalla frantumazione delle fosforiti con macine verticali, come quelle delle vecchie fabbriche ad olio, che davano una minima produzione e un prodotto grossolano, si passò ai frantoi a pistoni e poi man mano che si rendevano evidenti i grandi vantaggi della polverizzazione finissima delle fosforiti, si usarono macchine sempre più perfette fino ai mulini a palle muniti di stacci finissimi e fabbricati per grandi produzioni dalla casa Fried. Krupp. La mescolanza della fosforite polverizzata e dell'acido solforico si faceva una volta a mano, con pale in vasche aperte, ma il lavoro era incompleto, lento e pericoloso. Oggi si fa con mescolatrici meccaniche rapidissime che in mezzo

minuto dànno la mescolanza perfetta di una carica di acido e fosfato. I vapori che si sviluppano nella formazione dei perfosfati contengono molto fluoruro di silicio e acido fluoridrico e vengono oggi condensati con acqua in apposite vasche, mentre una volta si disperdevano nell'atmosfera rovinando tutta la vegetazione e specialmente la foglia di gelso dei campi vicini alle fabbriche.

* * *

Abbiamo già detto che l'efficacia dei perfosfati è proporzionale alla loro suddivisione meccanica, e oggi è provato anche che l'effetto fertilizzante non è dovuto all'azione diretta del fosfato monocalcico solubile contenuto nei perfosfati, ma bensì alla *estrema suddivisione* del fosfato tricalcico e bicalcico che da esso si forma nel terreno, suddivisione massima che si raggiunge solo partendo da un sale solubile, che penetrato omogeneamente nel suolo a contatto della calce, diviene insolubile e così suddiviso può essere facilmente assimilato dalle radici delle piante.

Gli effetti prodigiosi ottenuti coi perfosfati spiegano il grande incremento di questa industria, che però è ancora ben lungi dall'aver raggiunto in certe nazioni quello sviluppo benefico che in certe altre ha fatto persino triplicare i raccolti del grano e delle erbe. Il consumo sempre più largo del perfosfato in agricoltura è stato facilitato dalla notevole diminuzione del prezzo, la quale corse parallela ai perfezionamenti meccanici dell' industria e alle importanti scoperte di giacimenti quasi inesauribili di fosfati greggi. Molti anni addietro i perfosfati vennero pagati carissimi e non si aveva molta garanzia nel titolo, mentre il prezzo raggiunse talvolta L. 1,50 per ogni unità percentuale di fosfati solubili, espressi in anidride fosforica contenuta in un quintale di concime. Oggi invece con una merce migliore e con garanzia di titolo, il prezzo dell'unità d'anidride fosforica in Italia è disceso sino a L. 0,30.

La produzione mondiale dei perfosfati nel 1900 ha raggiunto 5.500.000 tonnellate così distribuita:

Stati Uniti d'America . . .	1.600.000	tonn.	(nel 1904 salì a 3.800.000 tonn.)
Francia	1 150.000	»	
Inghilterra	750 000	»	
Germania	750 000	»	(nel 1903 si elevò a 900.000 tonn.)
Italia	350.000	»	(pel valore di circa 25 milioni di lire.)
Belgio	330.000	»	
Austria Ungheria	150 000	»	
Altri paesi d'Europa . . .	275.000	»	
Giappone, Australia, ecc. .	145 000	»	

Per avere un' idea del rapido sviluppo dell' industria dei perfosfati, basta dare uno sguardo al seguente specchietto riferentesi all'Italia e alla Germania:

Germania		Italia	
nel 1867 la produzione fu di	1.000 tonn.	nel 1893 la produzione fu di	72.000 tonn.
» 1872 » » » »	7.600 »	» 1895 » » » »	145.686 »
» 1883 » » » »	400.000 »	» 1899 » » » »	277.315 »
» 1900 » » » »	750.000 »	» 1903 » » » »	400.000 »

*
* *

Come già rilevammo pel nitrato di soda, così anche pei fosfati, si pensò un giorno se, col grande consumo che ne faceva l'agricoltura, non sarebbero poi venute ad esaurirsi le benefiche sorgenti di questo prezioso minerale. Ma la domanda era appena stata affacciata alla pubblica discussione, quando una geniale scoperta di *Thomas* e *Gilchrist* fatta nel 1878 e applicata verso il 1885, ha assicurato l'umanità intera che all'agricoltura non verrà mai più a mancare il concime fosfatico che deve portare il benessere sino all'ultimo angolo della terra.

Quei due tecnici inglesi avevano trovato che nella fabbricazione dell'acciaio, col processo *Bessemer*, non si potevano lavorare le ghise contenenti molto fosforo, perchè questo restava poi nell'acciaio rendendolo inservibile, e d'altra parte eran riusciti a separare completamente il fosforo sotto forma di fosfato di calcio anche dalle ghise che ne contenevano sino a 2-3%, rivestendo semplicemente il *convertitore* con sostanze basiche (calce, dolomite, ecc.). La massa fusa di scorie che si raccoglie alla superficie dell'acciaio liquefatto contiene tutto il fosforo allo stato di fosfato di calcio e queste scorie dopo separate, raffreddate e polverizzate molto finamente, costituiscono concime fosfatico prezioso con 14-18% di anidride fosforica e d'un valore pratico non inferiore a quello dei perfosfati. Per ogni tonnellata di acciaio fabbricato, si possono ottenere 200-300 kg. di scorie fosfatiche.

Il consumo di queste scorie Thomas per l'agricoltura andò aumentando rapidamente e mentre nel 1885 il consumo in Europa era di sole 5000 tonn. nel 1891 salì a 400.000 tonn. per innalzarsi nel 1899 a 1.655.000 tonn.

La sola Germania nel 1902 ne consumò 990,000 tonn. pel valore di circa 60 milioni di lire e l'Italia ne importò circa 70.000 tonn.

*
* *

L'importanza dei *concimi potassici* fu già ricordata a pag. 48, e ormai tutti gli agricoltori fanno largo uso dei sali potassici, come indispensabili ad un raccolto abbondante ed alla conservazione della fertilità del terreno.

La vite, la barbabietola, le patate, il trifoglio, il tabacco, ecc. asportano ogni anno notevoli quantità di sali potassici dai terreni e bisogna pensare quindi alla regolare restituzione.

Alcune plaghe fertilissime in passato, dopo prolungata coltura di barbabietole, minacciavano un disastroso esaurimento per deficienza di sali potassici; ma fu possibile ridonare loro la primitiva fertilità dopo la scoperta degli immensi giacimenti di Stassfurt (v. pag. 48), che fornirono in abbondanza e a buon nercato i sali potassici agli agricoltori di tutto il mondo. E siamo ben lontani dal temere un esaurimento di questi preziosi depositi, ad onta del consumo sempre crescente, perchè alcuni strati hanno dimensioni così grandi da poter garantire ancora per parecchi secoli l'uso dei concimi potassici per l'agricoltura.

La seguente tabella statistica mette in evidenza il crescente consumo dei diversi sali potassici impiegati nei vari stati per la sola agricoltura, senza contare quelli usati nell'industria. Per meglio fare il confronto, tutti i sali

cloruri, solfati, sali misti, ecc., furono calcolati per la quantità di ossido potassico (K_2O) in essi contenuto e che costituisce la parte attiva nel terreno. Da questa tabella si rilevano anche i progressi agricoli fatti nei diversi paesi col consumo di sali potassici riferito al numero degli abitanti, e però siccome quest'ultime cifre non sono da interpretarsi con concetti troppo assoluti, perchè diverse cause possono alterarne il significato, così si deve ritenere come ancora più rigoroso il significato della finca che riferisce il consumo per ogni kmq. di terreno coltivabile:

NAZIONE	Q.li di ossido (K_2O) consumati per l'agricoltura		Consumo in Kg. riferito ad ogni 1000 abitanti		Consumo in Kg. riferito ad ogni Kmq. di terreno coltivabile	
	1895	1901	1895	1901	1895	1901
Germania	601.823	1.379.400	1.151.2	2.638.5	171	391.9
Stati U. d' A	339.072	761.406	465.7	1.045.8	24.1	54
Belgio	28.806	63.037	443.4	970.4	136	297.7
Olanda	25.416	93.690	515.6	1.900.9	125.3	461.9
Francia	50.327	62.846	130.7	163.2	13.4	16.8
Inghilterra	30.000	42.121	85 ?	135.6	7	61.5
Scozia	10.000	37.521	102.3	889.5	14	254.6
Austria	10.351	32.833	41.0	130.0	5.6	17.8
Svizzera	8.334	16.913	271	550.0	39.2	79.5
Italia	8.832	13.062	28.2	41.7	4.3	6.4
Russia	4.674	20.793	4.5	20.1	0.2	1
Spagna	3.693	24.977	20.6	139.4	1.3	8.5
Svezia	50.606	93.028	1.019.7	1.874.6	145.	266.6

*
* *

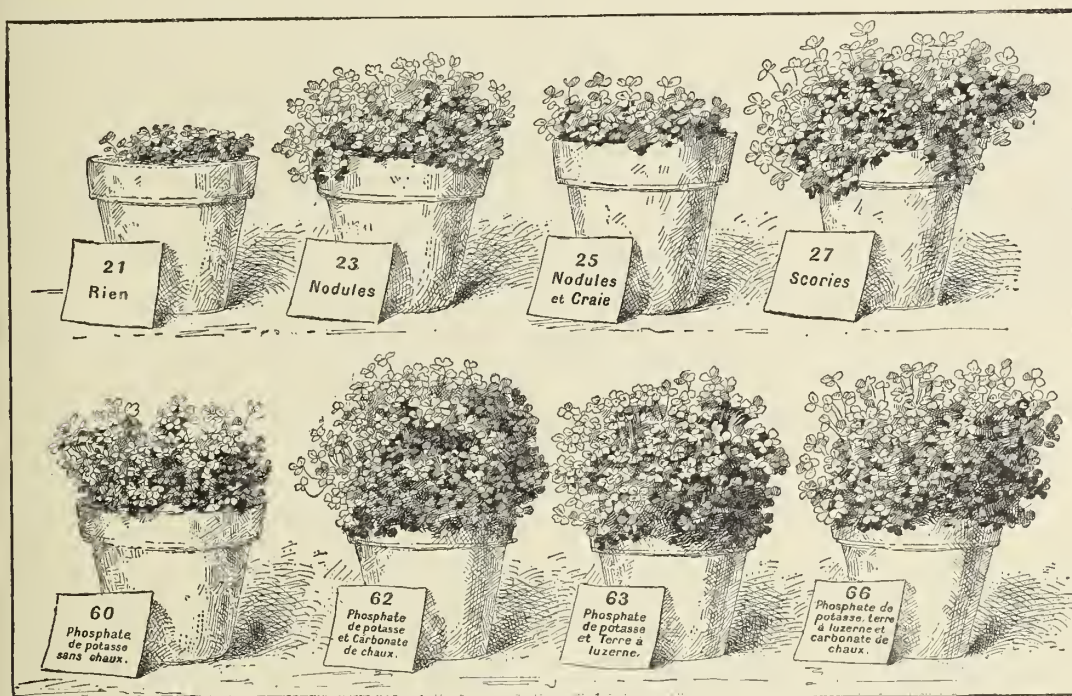
Concimi azotati. — Non meno importanti dei fosfati e dei sali potassici sono i composti azotati per lo sviluppo dei vegetali. L'abbondante concimazione azotata è ormai divenuta indispensabile per l'agricoltura intensiva, come si fa oggi nelle nazioni più progredite.

L'importanza dell'azoto nella vegetazione e nell'agricoltura è già stata illustrata da altri e con maggior competenza in un fascicolo di quest'opera (*L'Agricoltura nel Secolo XIX*) e qui vogliamo solo rievocare sommariamente quei problemi più importanti, completandoli con quanto la scienza ha portato di contributo in questi ultimi tempi.

Già dicemmo anche a pag. 49 della più importante sorgente di concime azotato, del nitrato sodico, e della sua origine. Il consumo di nitro del Chili in Europa è andato aumentando dal 1860 in poi con rapidità vertiginosa: il consumo in Germania, dove i $^3/_4$ di quello importato viene destinato all'agricoltura, può spiegare più di ogni altra dimostrazione, i grandi progressi agricoli fatti da quella nazione: nel 1860 essa importò 6700 tonn. di nitro, nel 1880 ne importò 55.000 tonn. e nel 1900 circa 550.000 tonn. L'Europa intera nel 1904 ne importava 1.470.000 tonn. pel valore di quasi 335 milioni di lire, dei quali l'Italia ne consumava 32.300 tonn.

Davanti a questo enorme consumo di nitro nella odierna agricoltura, si apprese con spavento, qualche anno addietro, la grave notizia del prossimo esaurimento dei preziosi giacimenti di nitro nel Perù e nella Bolivia. Fra 40 anni o al massimo 50, continuando il consumo nelle attuali proporzioni, non vi sarebbe più nitro!

Dapprima si credette che il *solfato ammonico*, che ha quasi lo stesso potere fertilizzante del nitro, potesse supplire ai crescenti bisogni dell'agricoltura, ma ben presto si dovette constatare che per quanto la produzione del solfato fosse andata aumentando, essa fu tutta assorbita dalle rigogliose messi dei nostri campi. Benchè la produzione mondiale del solfato ammonico fosse nel 1860, appena di 10.000 tonn. e superasse nel 1903 le 570.000 tonn. pel valore di 150 milioni, pur tuttavia la produzione oggi non cresce più così rapidamente anche perchè l'industria del gas illuminante che ne fornisce la maggior quantità, non può più avere quello sviluppo e quell'incremento che ebbe pel passato. L'Italia potrebbe meglio utilizzare l'ammoniaca delle fabbriche del gas e solo da poco tempo comincia a cavarne profitto; nel 1896 produceva solo 1500 tonn. di solfato e nel 1903 ne produsse 3686 tonn. importandone ancora 5367 dall'estero. La sola Inghilterra invece fornì nel 1903 ben 234.000 tonn. di solfato ammonico (esportandone 162.000 tonn.); la Germania 140.000 tonn.; la Francia 50.000 tonn.; il Belgio 35.000 e gli Stati Uniti d'America 70.000 tonn.

In questi ultimi anni gli sforzi di numerosi scienziati furono rivolti alla ricerca di qualche processo nuovo per poter utilizzare praticamente una parte dell'azoto di quell'inesauribile magazzeno che è l'atmosfera. Già nel volume

Esperienze di coltura di trifoglio con aggiunta di noduli nitrificanti e varî concimi chimici.
(Terra di medica, gesso, calcare, sali potassici e perfosfati, scorie Thomas).

dell'*Agricoltura del Secolo XIX* è ricordato il processo biologico applicato industrialmente dalla casa già Meister Lucius e Brüning di Hoechst, che oggi mette in commercio delle colture di bacteri che si spargono sul terreno o sui semi e vanno poi a fissarsi sulle radici delle leguminose (lupini, trifoglio, ecc.), vivendo con esse in simbiosi e fissando direttamente l'azoto del-

l'aria, per trasformarlo in composti facilmente assimilabili dalle piante. Se questi bacteri aumentassero anche solo di $^1/_4$ la potenza assimilante delle leguminose, sopra una superficie di 1 milione di Ea all'anno, si fisserebbe tanto azoto in più, corrispondente a ben 20 milioni di lire di concimi azotati!

* * *

Recentemente l'importante problema dell'azoto ha fatto ancora un notevole passo verso la definitiva soluzione. *Frank* e *Caro* in Germania hanno constatato che facendo passare sul carburo di calcio arroventato una corrente di azoto atmosferico, questo viene completamente fissato e si forma un composto chimico ben definito, la *calciocianamide*, che contiene dal 14 al 20% di azoto e messo nel terreno, ha una potenza fertilizzante pari a quella del solfato ammonico. Questo prodotto a pari quantità d'azoto, costerà circa un terzo meno del nitrato sodico. Nel 1902 sorse una piccola fabbrica sperimentale in Germania e i risultati ottenuti sino ad ora dagli agricoltori sono concordi nel riconoscere alla calciocianamide un valore non inferiore al solfato ammonico. In questo momento si sta facendo un grande impianto in Italia per la fabbricazione di questo prodotto, che dovrebbe fornire il nuovo concime a buona parte dell'Europa.

E finalmente accenniamo ad un altro tentativo che non fu ancora coronato da successo, ma che però dà già buona speranza in una prossima felice soluzione. E' la trasformazione dell'azoto atmosferico in nitrato sodico sottoponendo una soluzione di soda caustica finamente polverizzata, all'azione dell'arco voltaico, in presenza di azoto atmosferico. Alle cascate del Niagara si tentò nel 1901 l'applicazione industriale di questo processo, ma per vari motivi il lavoro venne sospeso, mentre invece sembra che in Svezia il *Birkeland*, con opportuni perfezionamenti, sia giunto a risultati pratici soddisfacenti che condussero in questi giorni ad un grande impianto industriale.

Ad ogni modo la scienza ha ancora una volta contribuito alla soluzione d'un importante problema agricolo-industriale che interessa tutte le nazioni e l'umanità intera.

* * *

4) Industrie dei materiali da costruzione, vetri e porcellane.

Le diverse tappe storiche della civiltà furono caratterizzate, fra l'altro, anche dalla forma e dalla qualità dei materiali per le più svariate costruzioni di opere pubbliche e di edifici privati. Dalle case e dai ponti in legno, che facilmente deperivano, si passò ai massicci e imperituri edifici in muratura, che a lor volta vennero soppiantati nel secolo scorso dalle eleganti e non meno solide costruzioni in ferro. Queste sembravano destinate a caratterizzare una civiltà ben più lunga di quella che prese origine dalla grande rivoluzione francese, ma da alcune decine d'anni il cemento ha fatto la sua trionfale apparizione in concorrenza coi vecchi materiali di costruzione e col ferro stesso, e oggi il *cemento armato* da una parte e la *pietra artificiale* (*arenolite*) dall'altra, sembrano minacciare e sovrapporsi vantaggiosamente alle vecchie costruzioni in muratura ad a quelle nuove in ferro.

L'eleganza e la resistenza dei lavori fatti con queste nuove sostanze, garantiscono loro un prospero avvenire, ma non osiamo affermare che questa sia l'ultima parola della scienza dei materiali da costruzione.

Son già passati molti secoli da quando la calce ha spostato l'uso della terra e dell'argilla per dare all'uomo un riparo più sicuro e più durevole. Se può essere un umiliante confronto quello fra le maestose costruzioni romane e le molte capanne che ancor oggi si costruiscono pei nostri contadini del nord e del sud d'Italia — impastate di fango e di escrementi bovini per renderle meno friabili — d'altra parte non si può negare come la costruzione solida e razionale che costituiva l'eccezione al tempo dei romani, sia oggi diventata la regola generale per tutti i popoli civili.

La calce, ottenuta dapprima con semplice cottura di pietre calcari, ammucchiate in fosse, si prepara oggi in forni continui, nei quali la temperatura è controllata e il combustibile è calcolato razionalmente in modo che fornisca giusto le calorie necessarie alla dissociazione del carbonato di calcio, utilizzando sovente non solo l'ossido di calcio che rimane (*calce viva*), ma anche adoperando per vari scopi industriali, l'anidride carbonica che da quei forni si svolge. Mentre una volta per ottenere 1 m.^{3} di calce si consumavano circa 6 quintali di legna, oggi coi moderni forni bastano circa 120 Kg. di carbone.

Bottiglia orientale smaltata.

L'impasto di calce spenta con sabbia ha fornito per tanti secoli la *malta* per quasi tutte le costruzioni murarie pubbliche e private, ma il progresso richiedeva costruzioni più rapide, più leggere e più resistenti, e noi vediamo infatti nel secolo XIX prendere origine e svilupparsi meravigliosamente l'industria delle calci idrauliche e dei cementi naturali e artificiali, ottenuti cuocendo in appositi forni e macinando poi finamente, dei minerali silicei con calcare o delle marne e pozzolane contenenti del silicato d'allumina e carbonato di calce. Questo silicato di calce e d'allumina così cotto e polverizzato con potenti mulini a palle, in modo che possa poi passare pel 90 °/₀ attraverso uno staccio con 5000 maglie per cmq. ha la proprietà di fissare chimicamente dell'acqua diventando durissimo. Si può così impiegare misto a sabbia per costruzioni sottoterra, in luoghi umidi e anche sott'acqua; la massa indurisce quasi istantaneamente e ne risultano delle costruzioni così solide da poter sfidare le ingiurie degli agenti atmosferici e dei secoli. Il primo tentativo di preparare cemento colla cottura di una miscela di calce e argilla fu fatto da *Vicat* al principio del XIX secolo e venne reso industriale in Inghilterra nel 1824 da *Aspdin* che iniziò la fabbricazione dell'ora famoso *cemento Portland*.

Le moderne costruzioni in *cemento armato* ottenute con economia di tempo e di danaro, possono gareggiare per solidità ed eleganza colle migliori costruzioni in ferro. Collo studio della composizione chimica dei migliori cementi e delle materie prime per prepararli, si è posta questa industria su basi razionali in modo da soddisfare a tutte le esigenze della pratica.

Agli svariati materiali da costruzione già esistenti è venuto recentemente ad aggiungersi anche l'*arenolite* sotto forma di mattoni siliceo-argillo-calcari, ottenuti, dopo numerosi tentativi, mescolando intimamente della calce con della sabbia silicea e poca argilla e sottoponendo all'azione del vapore compresso, i mattoni formati con quella miscela e disposti in grandi autoclavi. In poche ore si ottengono dei mattoni che possono senz'altro essere adoperati nelle costruzioni. Questa nuova industria permette di ottenere ad un prezzo inferiore a quello dei comuni mattoni d'argilla, un materiale più regolare, che presenta una resistenza di 400 Kg. di pressione per cmq.; è durissimo come il cemento e permette di utilizzare nella sua fabbricazione delle materie prime in certe località nelle quali avrebbero pochissimo valore.

*
* *

L'importanza assunta da questi svariati materiali da costruzione, possiamo dedurla dalle seguenti cifre:

L'Italia nel	1890	produceva	870.090	tonn. di	*calce grassa*	pel valore	di L.	14.943.900
»	1903	»	830.850	»	» »	»	»	12.766.000
»	1890	»	368.509	»	*calce idranlica*	»	»	6.536.200
»	1903	»	417.285	»	»	»	»	6.310.000
»	1890	»	104.022	»	*cemento*	»	»	4.523.000
»	1903	»	288.614	»	»	»	»	8.660.000

La fabbricazione dei cementi e delle calci idrauliche in Italia è relativamente recente e però in breve ha raggiunto un notevole sviluppo e i nostri stabilimenti sono ormai montati così razionalmente da poter competere coi migliori dell'estero.

Sino al 1870 il primato nell'industria dei cementi era riservato all'Inghilterra che ne esportava in tutte le altre nazioni, specialmente in Germania e nell'America. Dopo l'Inghilterra veniva la Francia coi suoi rinomati cementi di Grenoble e di altre località.

In Germania l'industria del cemento è cominciata su vasta scala poco prima del 1870 e nel 1877 si contavano già 29 fabbriche che producevano 408.000 tonn. di cemento; nel 1893 con 82 fabbriche, la produzione raggiunse 2.100.000 tonn. e nel 1900 arrivò a 3.500.000 tonn. dando lavoro a 18.500 operai. E così la Germania si emancipò non solo dall'Inghilterra, ma divenne la sua più minacciosa concorrente nell'esportazione internazionale. Infatti mentre la Germania nel 1884 esportava negli Stati Uniti d'America 31.315 tonn. e l'Inghilterra ve ne esportava 63.000 tonn., nel 1892 le due nazioni si contendevano il primato con circa 137.000 tonn. Il Belgio esportava pure in America nel 1892 circa 65.000 tonn. di cemento.

Non meno interessante ed importante è la produzione dei laterizi (mattoni, tegole, ecc.) in Italia e all'estero.

Nel 1890	la Germania	produceva	circa	9.000.000	di	tonn.	di laterizi
» »	l' Inghilterra	»	»	10.500.000		»	»
» »	gli Stati Uniti d'Amer.	»	»	17.000.000		»	»

La Germania poi nel 1887 esportava 758.000 tonn. di laterizi, ma col progredire di quest'industria anche nelle altre nazioni, l'esportazione discese a 168.000 tonn. nel 1891.

L'Italia invece nel 1890 produceva 3.606.000 tonn. di laterizi pel valore di L. 39.160.000 e nel 1903 la produzione era salita a 4.790.000 tonn. pel valore di circa 42.000.000 di lire e nello stesso anno ne esportava 172.000 tonn. pel valore di 5 milioni di lire.

Nelle fornaci d'Italia sono ora occupati circa 96.000 operai.

Bicchiere veneziano verde. Secolo XV — seconda metà.

La preparazione dei mattoni e delle tegole si fece per tanti secoli a mano e solo nel 1800 *G. Hadfield* propose una macchina molto rudimentale per dare forma all'argilla greggia. Solo dopo la metà del secolo XIX si estende l'uso di un macchinario sempre più perfetto: dagli stacci, alle impastatrici, alle presse più potenti che danno oggi una grandissima produzione colla minima spesa di mano d'opera e con un lavoro quasi perfetto.

Ma il grande progresso nell'industria ceramica venne segnato dall'apparizione delle fornaci circolari [*Hoffmann*, verso il 1860. Da quell'epoca data l'origine della grande industria ceramica moderna e la scomparsa, per sempre, delle piccole e primitive fornaci.

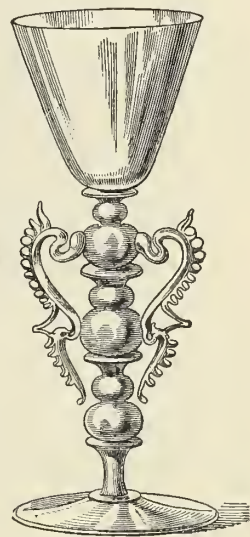
I forni multipli circolari di Hoffmann hanno portato un'economia del 60-70 °/₀ di combustibile in confronto delle vecchie fornaci semplici, e la cottura del materiale è più perfetta e più rapida e, ciò che più importa, permette un lavoro continuo. Coi nuovi forni si dovette procedere ad un rapido essiccamento del materiale impastato e stampato, perchè l'essiccamento naturale all'aria era troppo lento. A tale scopo si utilizzò il calore di irradiazione dei forni stessi, incanalando opportunamente l'aria calda per asciugare poi regolarmente il materiale umido.

L'industria moderna ci dà una grande produzione con un minimo lavoro manuale e ci fornisce un materiale più leggero, più resistente e più economico, di quello che si preparava in passato.

*
* *

Bicchiere veneziano. Secolo XVI.

Industria del Vetro. — Non è figlia del secolo XIX e quando Plinio ne parlava nella sua *Historia Naturalis*, l'arte della fabbricazione del vetro e della porcellana era già vecchia di oltre 3500 anni presso i chinesi, i fenici e gli egizi. Questi l'avevano portata ad un alto grado di perfezione e gli oggetti artistici che ci vennero tramandati attraverso tanti secoli destano ancora la nostra ammirazione.

La scoperta del vetro fu casuale e doveva facilmente presentarsi alla mente dell'uomo indagatore, quando si pensa che sino dai tempi più antichi si conosceva la soda naturale e la potassa contenuta nelle ceneri delle piante. Ogni qualvolta della sabbia veniva anche accidentalmente a trovarsi in contatto di quegli alcali a temperatura elevata, negli stessi

focolai domestici, si avevano le condizioni per la formazione di scorie vetrose che condussero poi ad una vera industria degli oggetti trasparenti, foggiati nelle forme più svariate e fregiati dagli ornamenti più artistici.

Gli antichi greci e romani usavano gli oggetti di vetro lavorati dagli egizi e dai fenici e però coll'espandersi dell'impero romano fu facile ai conquistatori di portare quell'arte a Roma, ed i romani poi colle loro invasioni insegnarono l'arte nuova ai popoli d'occidente. E però il vetro in quell'epoca si lavorava soltanto per oggetti di lusso e nei monumentali palazzi romani serviva ad ornare le pareti, ma non si era ancora giunti ad usarlo in lastre per le finestre. Queste fanno la loro apparizione, come segno di gran ric-

Vetri di Lobmeyer.

chezza, verso il terzo secolo in alcuni palazzi di Roma e nelle altre città arrivano lentamente. L'uso delle finestre a vetri si generalizza solo dopo il XVI secolo, con piccole lastre, che non arrivavano allora a 20 cm. di lato, per divenire più tardi molto più grandi sino a quelle maestose delle nostre vetrine moderne.

Colla decadenza dell'impero romano in occidente, cessa anche in quelle regioni l'industria del vetro, che invece si trasporta a Bisanzio dove fiorisce durante cinque secoli.

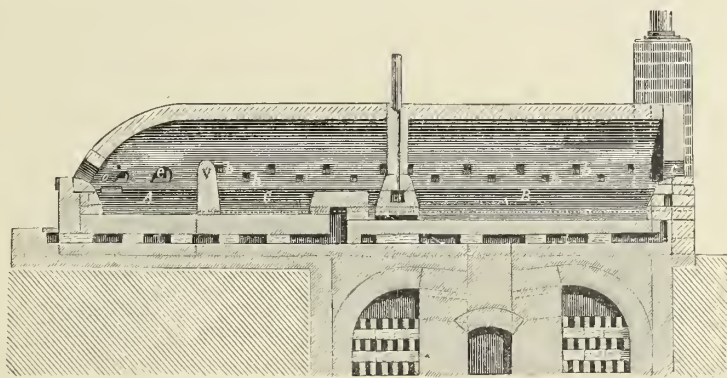
I forni a vetro si moltiplicano e una schiera di artisti rievoca i migliori lavori egiziani e fenici e ne crea dei nuovi, conquistando a Bisanzio tutti i mercati del mondo.

Col decadere dell'impero romano in oriente, decade anche l'industria del vetro a Bisanzio, sino a cessare gradatamente per tornare poi a rifiorire altrove.

Ed è la volta di Venezia che raccoglie nel XIII secolo gli sparsi artisti bizantini e accende il fuoco in numerosi forni che dovevano più tardi dar maggior risalto alla gloria della regina dei mari. Nel XVI secolo ben 30.000 operai eran raccolti a Murano per produrre quei mosaici di vetro meravigliosi, che nella chiesa di S. Marco destano ancor oggi l'ammirazione di tutto il mondo. Venezia conservò a lungo il monopolio degli oggetti artistici di vetro e però non valsero neanche le misure più draconiane e le punizioni più severe — che andavano fino alla condanna a morte per chi avesse tradito i segreti di lavorazione — a salvare Venezia dai rivali, che pazientemente riuscirono a carpirle tutti i processi di quella importante industria.

Forno Siemens da vetro a lavoro continuo (vista esterna).

Anche l'opera scritta da *Antonio Neri* di Firenze nel 1640: *De arte vitraria*, e le descrizioni del *Porta* per la preparazione delle pietre preziose artificiali, contribuirono non poco a divulgare la lavorazione del vetro in Europa.

E colla decadenza di Venezia l'industria del vetro esula in Boemia cambiando il gusto artistico e il genere di lavoro; in Boemia si conserva fiorente ancor oggi. Alla fine del XVIII secolo quasi tutti i forni sono spenti a Murano e della grande epopea dell'*isola del vetro* non rimangono che dei ricordi storici. Vari tentativi fatti al principio del XIX secolo per far risorgere quest'industria, riuscirono vani e l'attuale rifiorire della lavorazione del vetro a Murano è in gran parte merito del *Dottor Salviati*, che verso la metà del XIX secolo, rintracciando con mente illuminata quanto di buono avevano dato i vecchi processi e armonizzandoli coi nuovi portati della scienza e dell'industria, seppe ridar vita a nuove officine che ancora una volta richiamano i forestieri ad ammirare l'opera intelligente dell'uomo che sa plasmare in mille modi e con squisito gusto artistico la molle pasta informe che tira incessantemente dalle fornaci roventi.

Forno Siemens da vetro, a lavoro continuo.

E il rinascimento veneziano veniva completato nella sua espressione altamente artistica dagli sforzi prodigiosi di *Luigi Lobmeyer* (nato a Vienna nel 1829) che seppe creare in Austria tutta una nuova arte di molatura,

di smerigliatura e di incisione sul vetro, con gusto così raffinato, da richiamare in poco tempo l'attenzione di tutto il mondo sulla sua pregevole produzione artistica industriale.

*
* *

Col XIX secolo l'industria del vetro prese un nuovo impulso in tutte le nazioni civili, quando divenne possibile di produrre non solo gli oggetti artistici e di lusso, ma anche quelli di grande consumo e a buon mercato.

La grande industria moderna del vetro ha potuto sorgere mercè il valido aiuto apportatole dalla chimica e dalla meccanica. La prima studiando la composizione degli impasti per ottenere con precisione e sicurezza le più svariate qualità di vetri, e la seconda col fornirle i mezzi necessari ad una grande ed economica produzione. Gli esatti rapporti fra le materie prime (quarzo, soda o potassa o solfato, calce, ossido di piombo, ecc.) e la ben regolata temperatura permisero di ottenere, con costante sicurezza, i più svariati tipi di vetro.

I vecchi forni per la fusione del vetro davano una massa più impura e la cottura non era così regolare come oggi, pur richiedendo dei focolai speciali con apposito tiraggio aiutato da potenti ventilatori e un combustibile di prima qualità. Il consumo del combustibile era pure troppo elevato e la merce sovente difettosa, il che rendeva molto aleatoria la riuscita di imprese importanti.

Un'era nuova nella fabbricazione del vetro è stata iniziata dopo il 1860 colla scoperta del forno a gas di *F. Siemens*, che permise una fusione rapida e perfetta della massa vetrosa, usufruendo nel miglior modo del calore sviluppato da combustibili anche scadenti, bruciati su apposite griglie in presenza di poca aria o di vapor d'acqua. I gas infiammabili risultanti passano attraverso camere ripiene di materiale refrattario rovente e dopo questo riscaldamento arrivano sopra la massa da fondere, in presenza d'una regolabile quantità d'aria. I gas allora si accendono, producendo una temperatura molto elevata, che porta il vetro sino alla fusione. I gas bruciati caldissimi nell'uscire dal forno, cedono il loro calore al materiale refrattario che si trova accumulato nelle camere rigeneratrici, e queste a lor volta lo cedono ai gas infiammabili, prima della loro entrata nei forni a fusione. Questi *forni rigeneratori* a gas del Siemens e anche quelli analoghi del *Nehse* e *Dralle* hanno portato un'economia nel consumo di combustibile corrispondente al 20 ed anche 25 °/₀ di quello che si consumava una volta. Oggi per ogni 100 kg. di vetro completamente lavorato su vasta scala, si richiedono solo 130 kg. di buon carbone fossile, e però per quanto il vantaggio sia rimarchevole, è dimostrato che il calore non è ancora bene utilizzato, perchè a ciò si oppongono notevoli difficoltà pratiche.

Per ottenere una fusione omogenea e completa si deve sovente raggiungere una temperatura di 1200°, il che avviene facilmente e rapidamente coi moderni forni a gas, nei quali la massa vetrosa non si mette in crogiuoli, come pel passato, ma sul pavimento, dello stesso forno, foggiato a vasca,

come venne proposto dal Siemens per un lavoro continuo. Il vetro fuso non si lavora a 1200° perchè troppo fluido, e per ciò lo si raffredda sin verso gli 800° facendo circolare dell'aria fredda in appositi canali disposti sotto il pavimento della vasca.

Maggiori dettagli sui forni Siemens e sulla lavorazione del vetro si trovano in opere speciali e in sunto nel *Trattato di chimica inorganica industriale* dello scrivente a pag. 524-530. Più sopra (pag. 59) venne ricordato come il solfato di soda consumato ancor oggi in gran quantità nelle vetrerie, sia destinato ad essere spostato dal carbonato sodico.

* * *

L'industria del vetro sta ora acquistando in Italia una certa importanza e anche per gli articoli di grande consumo comincia ad emanciparsi dall'estero. Nel 1903 erano occupati in Italia quasi 10.000 operai nelle diverse vetrerie e si produssero 46.167 tonn. di oggetti vari di vetro e cristallo pel valore di 11 milioni di lire; a queste vanno aggiunte 17.100 tonn. di lastre e campane per L. 6.450.000 oltre 143 tonn. di vetri artistici e smalti per L. 715.000, e anche 5300 tonn. di conterie del valore di quattro milioni e mezzo, che per $^4/_5$ vengono esportate. L'Italia importa ancora 5200 tonn. di vetri e cristalli, 3400 tonn. di bottiglie e damigiane, 3000 tonn. di lastre di vetro e di cristallo e 169 tonn. di lastre da specchi.

Importantissima è l'industria del vetro in Francia e nel Belgio. Quest'ultimo è anche grande esportatore di vetro; infatti mentre nel 1880 esportava in Germania sole 230 tonn. di vetri, nel 1890 ad onta d'un dazio di 30 lire per tonn. ne mandò in Germania ben 5000 tonn. e l'esportazione è in continuo aumento. La Germania nel 1903 occupava nell'industria del vetro 61000 operai esportando 100.000 tonn. di bottiglie verdi pel valore di 35 milioni di lire, e 56.000 tonn. di altri oggetti, contro un'importazione di 15.000 tonn. pel valore di circa 13 milioni.

Cristalli moderni.

Cristalli moderni inglesi.

L'Austria nel 1887 esportava 47.000 tonn. di vetreria varia.

* * *

Industria delle porcellane e terre cotte. — La preparazione di vasi e oggetti di terra rimonta alle epoche più antiche e si perde nella leggenda storica. Dei vasi di terra scavati in Egitto, vicino alle sponde del Nilo, lasciano con

sicurezza stabilire la loro origine ad almeno 15.000 anni avanti l'era cristiana! La plasticità dell'argilla e la sua facile lavorazione, si può dire che venne utilizzata dall'uomo sin dal suo apparire sulla terra. La storia, ormai conosciuta, dei diversi popoli, dai cinesi ai greci, dagli egiziani agli assiri, ecc. è contrassegnata, nelle prime epoche, da lavori più o meno artistici in argilla specialmente da vasi ed ornamenti svariati, che vennero scoperti negli scavi fatti in diverse parti del mondo e che sono conservati come preziosi documenti storici nei diversi musei delle nazioni civili. A pag. 5, 7 e 9 di questo studio sono illustrati alcuni vasi di terra dei popoli più antichi. La lavorazione della creta per vasellame ed oggetti artistici, aveva raggiunto in Cina 3.000 anni a. C., un grado elevato di perfezione, della quale siamo ancor oggi ammirati, specialmente se si pensa che in quell'epoca nelle regioni occidentali si era ancora alla più rudimentale ed infantile foggiatura dei vasi di terra. Più tardi, presso gli antichi greci, la lavorazione dell'argilla plastica crea delle vere opere d'arte, colle quali potevano gareggiare solo i celebri vasi artistici che si producevano allora in Etruria con argilla rossa sulla quale si facevano poi iscrizioni e fregi bruni o neri.

Fabbricazione di bottiglie di cristallo.

Le peripezie della buona stella dei romani e gli sconvolgimenti portati dalle invasioni barbariche, fecero quasi scomparire o dimenticare l'arte ceramica e solo in Spagna fiorì ancora per qualche tempo. In Italia rimaneva solo una debole traccia dei bei tempi passati e però essa bastava a ridar vita, con maggior vigoria, ad un nuovo genere di lavori, le maioliche che acquistarono grande importanza in Italia nel 13.° e 14.° secolo, quando i tempi correvano in Europa più tranquilli. Alla perfezione dei lavori in maiolica si aggiungevano le pitture e gli smalti che ancor oggi destano l'ammirazione universale.

E dall'Italia la fabbricazione della maiolica si propaga e si perfeziona sempre più in Germania (specialmente a Norimberga) ed in Francia, dove si produsse poi la celebre *fayence* con delle materie prime molto più pure che non le solite argille. Nel XV secolo la fabbricazione della maiolica e della fayence fiorisce nei Paesi Bassi (a Delft) e di là si trapianta anche in Inghilterra dove culmina nella contea di Staffordshire e diventa una delle industrie più importanti dell'Inghilterra specialmente per l'opera tenace e geniale di *Wedgwood*, che nel 1770 aveva creato tale fama ai suoi prodotti da poter fondare una nuova città, *Etruria*, tutta dedita ai lavori delle fabbriche di maiolica. E l'iniziativa intelligente del Wedgwood portò benefici frutti anche dopo la sua morte e oggi l'Inghilterra occupa in questo ramo d'industria ben 200,000 operai.

In Europa però nel medio evo ben poco si conosceva sui pregevoli e preziosi oggetti artistici di porcellana che si fabbricavano in gran quantità in Cina. Ed a ben poco giovarono le poche notizie portate in Italia da Marco Polo (1295) e le incomplete informazioni dell'Ambasciatore veneziano in

Persia nel 1474. I tentativi fatti per riprodurre quelle porcellane riuscirono vani, e solo più tardi, alla fine del XVII secolo appaiono in Francia (St. Cloud) degli oggetti somiglianti alle porcellane cinesi, ma molto meno tenaci. Eran stati ottenuti rendendo il vetro opaco con sostanze bianche.

Il vero processo della fabbricazione della porcellana a base di caolino e feldspato fu scoperto dall'alchimista tedesco *Federico Böttcher*, il quale fondò nel 1710 la prima fabbrica a Meissen; questa divenne in poco tempo così importante, che il governo la trasformò in una industria dello Stato ed ancor oggi la detiene e la esercita con vantaggio e con successo, producendo le migliori marche di porcellana dura. In Germania il grande progresso fatto dall'industria della porcellana nell'ultimo mezzo secolo, è dovuto specialmente all'opera ed agli studi del Dott. *H. Seger*, il benemerito e geniale direttore della reale manifattura di porcellana di Berlino. Egli creò un nuovo ramo della chimica: la chimica della porcellana, ed i suoi grandi successi si devono alla rigorosa interpretazione scientifica di tutte le operazioni e reazioni che

Interno d'una vetreria.

presiedono alla fabbricazione di questo importante prodotto. Coll'aiuto della chimica fu possibile, non solo di ribassare il prezzo dei prodotti, rendendoli accessibili al grande consumo, ma di ottenere delle qualità di porcellane sempre più perfette (p. es. le porcellane tenere di Segea, ecc.), arrivando e superando in poche decine di anni, tutto quanto di meglio la Cina ed il Giappone avevano prodotto in decine di secoli. Sembra ormai dimostrato che la prima porcellana fu fabbricata in Cina, 600 anni d. C. sotto la dinastia

Tang (617-907) e più tardi (XVI secolo) apparve anche in Giappone, dove quell'industria fiorì sino ai giorni nostri.

In Austria la prima fabbrica di porcellana sorse nel 1720 e dopo varie peripezie, a quella ne seguirono altre che divennero poi governative.

In Francia, dove più volte si era tentata la fabbricazione della porcellana, si era arrivati solo ad una imitazione già più sopra ricordata, ma la vera porcellana dura non la si poteva ottenere, perchè non si era sin allora trovato nessun giacimento di caolino. Fu solo verso la fine del secolo XVIII che si scoprirono alcuni importanti depositi di argilla bianca e pura che permisero la fondazione della prima fabbrica francese di vera porcellana dura a

Preparazione di vasi di terracotta presso i Beduini.

Sévres. Ben presto questa fabbrica passò nelle mani dello Stato e i prodotti che si ottennero acquistarono meritatamente una fama mondiale che ancor oggi è loro riconosciuta.

Al principio del secolo XIX in tutte le nazioni si va alla ricerca dei preziosi giacimenti di caolino e dovunque si inizia la fabbricazione della porcellana.

L'empirismo che dominava nei primi tempi in questa industria non permetteva di arrivare a una costanza di tipi cui era richiesta dal commercio internazionale e il prezzo dei prodotti era ancora talmente alto, da restringerne l'uso ai soli privilegiati del censo.

Fu coll'aiuto della scienza e precisamente della chimica e della fisica che anche questo ramo dell'attività umana andò a formare una delle grandi industrie che costituiscono l'opera prodigiosa del secolo XIX.

Coll'aiuto della chimica si poterono semplificare le complesse miscele ereditate dagli empirici del XVIII secolo, e si ottennero smalti e vernici e colori resistentissimi non mai avuti in passato. E tutto ciò che la meccanica moderna produsse, venne ingegnosamente applicato all'industria della porcellana; dai *forni* per la cottura e frantumazione del quarzo e del feldspato ai *mulini* più svariati, centrifughi, a palle o a palmenti che polverizzano le materie prime in una finissima farina impalpabile, alle *filterpresse* che rapidamente separano questa polvere, dall'acqua di levigazione, dopo aver eliminato, mediante potenti calamite, i minimi detriti di ferro che inquinano la pasta e darebbero un prodotto difettoso, alle impastatrici meccaniche che lavorano alla perfezione e rapidamente delle grandi masse di materia, ai lavori di modellatura e di ornamento artistico, ai forni di cottura forniti di gasogeni Siemens e muniti di pirometri elettrici che permettono di regolare automaticamente ed esattamente la temperatura, a tutto ciò insomma che costituisce la grande industria moderna della porcellana che seppe armonicamente fondere insieme i portati della chimica, della meccanica e dell'arte del secolo XIX.

Operai modellatori in una fabbrica di porcellana.

Operai che verniciano e dipingono le stoviglie.

Ed agli oggetti di lusso: vasi, statuette, busti, bassorilievi, gruppi, figurine, vassoi, ecc., si unirono le stoviglie da tavola e di cucina, e poi gli ornamenti per lampade, oggetti per usi industriali, isolatori elettrici, riflettori, piastre, ecc.

*
* *

La produzione ceramica in Italia è in continuo incremento e anche da noi si trovarono depositi importanti di caolino che facilitarono lo sviluppo delle fabbriche di maiolica e terraglia, mentre siamo in gran parte ancora tributari dell'estero pei caolini fini che devono servire alle fabbriche di porcellane; nel 1902 si importarono 14.000 tonn. di caolino dall'Inghilterra, pel valore di 550.000 lire.

L'Inghilterra, la Germania e la Francia sono alla testa della produzione mondiale e però anche in Italia la importazione è in continuo decrescimento (da 3 milioni di lire per porcellana e terraglia nel 1885, discese a 2 milioni nel 1901), mentre la produzione interna raggiunse nel 1901 i 15 milioni, dei quali almeno 8 vanno attribuiti alla sola fabbrica *Richard-Ginori* (Firenze e Milano), che è la più importante del mondo, sopratutto per la pittura ceramica e pei lavori artistici. La produzione italiana del 1903 fu di 36.000 tonn. di maioliche e terraglie comuni e 4000 tonn. di porcellana fine. Nel 1904 l'Italia esportò anche 2200 tonn. di terraglie pel valore di L. 1.600.000.

L'Inghilterra conta più di 200 fabbriche di terraglia fina che producono per oltre 60 milioni di lire all'anno.

La Germania nel 1885 esportava, specialmente in America, 8000 tonn. di porcellana pel valore di 9 milioni di lire e nel 1892 la sua esportazione salì a 12.500 tonn. pel valore di 17 milioni.

5) Industrie mineralurgiche e metallurgiche.

L' uomo primitivo, prima dei metalli lavorò la pietra per foggiarne diversi strumenti che dovevan servire alla difesa personale o all'offesa, ed altri adoperava per usi domestici e per facilitar la lotta colla natura nel procurarsi i mezzi dell'esistenza.

Ed è comprensibile che non fosse prima venuto a conoscenza dei metalli, perchè questi non si trovano ordinariamente liberi in natura allo stato nativo, ma sono generalmente combinati nei più svariati minerali.

Fra i primi metalli lavorati dall' uomo non troviamo il ferro che pur è tanto usato oggi, ma il rame, che talvolta si riscontra allo stato libero e facilmente si separa dai suoi composti. Ma il suo uso non si estese subito perchè era troppo poco resistente e poco adatto per la preparazione di armi e d'altri oggetti. Solo più tardi, quando s'imparò a farne delle leghe ben più dure collo stagno, se ne generalizzò l' impiego durante tutta l'*epoca del bronzo,* che era appunto seguita all'*epoca della pietra* e marcava già un passo in avanti del progresso umano.

E passarono ancora parecchi secoli prima che l'uomo imparasse ad estrarre il ferro dai suoi minerali, che pur erano tanto abbondantemente sparsi in tutti i punti della terra.

Dal momento però che i nostri antenati impararono ad estrarre il ferro con processi molto rudimentali, il suo uso si estese dovunque e l'epoca del bronzo lasciò il posto a quella del ferro che dura tutt'ora.

Cogli stessi processi con cui si estrae il ferro era possibile estrarre anche altri metalli, ed infatti questi fanno ben presto la loro apparizione, ma il loro uso rimane limitato perchè meno abbondanti e più difficili a purificare ed a lavorare.

Al principio dell' èra cristiana, ai tempi di *Plinio*, eran conosciuti i seguenti metalli: rame, ferro, stagno, piombo, argento, oro e mercurio. Da allora comincia anche una lavorazione abbastanza estesa dei minerali, trovati dapprima alla superficie della terra e ricercati poi, e scavati dalle viscere stesse della crosta terrestre, tanto nell'Asia minore come nella Spagna, nelle Gallie ed in Inghilterra. Nel XIII secolo si scoperse l' arsenico e nel XV si conosceva bene il bismuto, lo zinco e l' antimonio. Gli alchimisti insegnarono in diversi scritti come veniva fatta la lavorazione di vari metalli in quell'epoca e nel 1540 si pubblicò a Venezia la prima opera sulla metallurgia. Ma più importante fu lo scritto di *Agricola* nel 1546, *De re metallica*, nel quale si tratta la lavorazione dei metalli con dei concetti meno empirici e si indicano già i processi per utilizzare alcuni prodotti secondari che si formavano insieme ai metalli. Così è da allora che si cerca di utilizzare lo zolfo delle piriti di ferro e di rame e si prepara l' ottone coi residui della lavorazione dello zinco. Più tardi si comincia a lavorare i minerali di ferro in base a saggi qualitativi e quantitativi che permettono di scegliere fra i diversi minerali quelli che danno maggior rendimento.

Lampadius nel 1801-1810 raccolse e ordinò sistematicamente tutti i processi metallurgici conosciuti alla fine del XVIII secolo e però solo più tardi la chimica interviene a spiegare scientificamente delle reazioni e dei processi che da tempo erano utilizzati nella pratica per fornire all'uomo i principali metalli di cui abbisognava. Da quel momento però la metallurgia trovando il suo migliore ausilio nella chimica, si stabilì su basi scientifiche che le permisero di acquistare tutta l'importanza che nel secolo XIX la condussero al suo apogeo mercè l'aiuto della meccanica e dell'elettricità.

*
* *

Della preparazione di alcuni metalli: magnesio, alluminio, rame, potassio e sodio, abbiamo già parlato al capitolo delle industrie elettrochimiche, ora diremo brevemente della preparazione dei principali altri metalli e specialmente di quella del ferro, perchè da sola abbraccia il doppio della produzione di tutti gli altri metalli presi insieme.

*
* *

Piombo. Questo metallo era già usato dai romani per fare le tubazioni per l'acqua. La sua preparazione semplice e le sue proprietà speciali, lo resero facilmente accessibile all'uomo in tutte le epoche. Il minerale ancora generalmente usato per estrarlo è la galena, che abbonda in Europa e più ancora agli Stati Uniti d'America. In Italia se ne trova solo in qualche plaga, specialmente in Sardegna (Iglesias). I processi di estrazione sono abbastanza semplici e nel secolo XIX non subirono molte modificazioni. Nei processi di torrefazione e fusione invece, nonchè in quelli di riduzione o precipita-

zione, si introdussero dei miglioramenti meccanici nei diversi tipi di forni che permisero di lavorare anche dei minerali poveri, come si fa coi forni americani. Dato il grande uso del piombo in diverse industrie chimiche, divenne necessaria la sua raffinazione per liberarlo dalle molte impurità che lo accompagnano quando esce dai soliti forni. L'affinazione si fa ordinariamente ancora col processo della *liquazione*, che consiste nel fondere il metallo impuro e lasciarlo raffreddare lentamente, togliendo poi il metallo più puro che si separa man mano solido. — Oggi si spera molto nell'affinazione elettrolitica formando prima del fluosilicato di piombo, restano però ancora alcune difficoltà da superare.

Le applicazioni del piombo, che compresero fino ad oggi la fabbricazione di serbatoi, di caratteri da stampa, di tubazioni, ecc., aumentarono notevolmente in questi ultimi tempi, perchè si è riusciti a rendere il piombo più resistente ai reagenti chimici mescolandolo con 10-15 % di antimonio. Questo *piombo indurito* ha reso e rende grandi servigi specialmente nelle industrie chimiche.

Una notevole quantità di piombo si usa nella preparazione della *biacca* (carbonato basico di piombo), del *litargirio* (ossido), dell'*acetato di piombo*, ecc.

La produzione mondiale del piombo nel 1880 fu di 380.000 tonn. e aumentò poi rapidamente sino a 880.000 tonn. nel 1903, pel valore di L. 270.000.000, così ripartita nella diverse nazioni:

Germania	145.000	tonn.	Italia	22.000	tonn.
Stati Uniti d'America	302.000	»	Messico	100.000	»
Turchia	7.600	»	Australia	71.000	»
Inghilterra	28.500	»	Francia	30.000	»
Spagna	163 000	»			

L'Italia nel 1904 importò 4550 tonn. di piombo in pani e rottami pel valore di L. 1.272.000.

*
* *

Stagno. È, dopo il rame, il metallo più antico conosciuto dall'uomo e sin dai tempi più remoti servì, come oggi, alla preparazione del *bronzo*. Mentre in Europa il minerale di stagno (*cassiterite* o ossido di stagno) viene estratto dalle profonde stratificazioni nell'Asia orientale e in Australia lo si è trovato a fior di terra in grandi estensioni. Veniva così per tale condizione semplificato il lavoro di estrazione, perchè bastava un abbrustolimento e un successivo riscaldamento con carbone per avere dello stagno greggio. Nel secolo XIX tutti gli sforzi furono rivolti ad ottenere dello stagno molto puro esente da solfo, d'arsenico, da ferro, da rame e da bismuto, che sovente inquinano il minerale. Si hanno perciò dei forni a pavimento girevole per il primo abbrustolimento del minerale e dei forni a tino o forni a riverbero per la riduzione con carbone. Con ripetute fusioni il metallo si ottiene puro.

Una industria affatto nuova che si è sviluppata in quest'ultimo quarto di secolo è quella del ricupero dello stagno dai ritagli e cascami di latta e in generale dagli oggetti stagnati col 3-5 % di stagno che una volta andava completamente perduto. Dalla separazione dello stagno da questi ritagli per

Lavatura idraulica delle sabbie aurifere in California.
Dal *Le tour du monde* del 1862 (v. pag. 107).

semplice riscaldamento, o mediante soluzione con acido cloridrico e nitrico, si è giunti recentemente a un processo elettrolitico molto vantaggioso proposto dalla casa Siemens-Halske. Solo in Germania si ricuperano in questo modo annualmente circa 1000 tonn. di stagno.

La produzione mondiale dello stagno nel 1880 era di 40.000 tonn. e nel 1903 superò le 90.000 tonn. pel valore di 270 milioni di lire.

L'Italia produce pochissimo stagno e nel 1902 ne importò 2114 tonn.

*
* *

Zinco. Benchè l'ottone si conoscesse da parecchi secoli e fosse considerato come metallo semplice, fu solo nel XVII secolo che Kunkel potè dimostrare che esso era formato da una lega di zinco e rame. Lo zinco libero invece fu ottenuto nel XVI secolo da *Paracelso.* Nel 1743 ne venne iniziata

a Bristol la prima fabbricazione industriale, mentre sul continente lo si ottenne per la prima volta a Liegi nel 1807.

E fu a Liegi, poi nella Slesia ed ora anche nell'America del Nord, dove sorsero e si conservarono le più grandi fabbriche di zinco.

Se per alcuni minerali l'estrazione dello zinco era facile — bastando un semplice arrostimento e la successiva riduzione, con carbone, dell'ossido di zinco risultante, per avere subito del metallo abbastanza puro — ben più difficile si presentava la lavorazione della *blenda* (solfuro di zinco) che pure era tanto abbondante in natura. Per ben mezzo secolo tutti i tentativi per rendere industriale la lavorazione di questo minerale riuscirono vani; è appena da 30 anni che si è giunti ad una felice soluzione della ardua questione, riuscendo ad *abbinare* la preparazione dello zinco con quella dell' acido solforico, in modo da utilizzare, con forni speciali, il solfo della blenda che, si separa formando anidride solforosa e poi acido solforico, mediante le solite camere di piombo.

I tentativi per preparare lo zinco per via elettrica non hanno ancora dato risultati pratici.

Il grande consumo di zinco per fili telegrafici, per reti metalliche, per lastre di zinco o di ferro zincato, per vasche, per grondaie, e per diverse leghe, ne fece aumentare notevolmente la fabbricazione in questi ultimi anni.

Nel 1880 infatti la produzione mondiale era di 250.000 tonn. e nel 1903 superò le 570.000 tonn. pel valore di 285 milioni di lire. A questa produzione vi contribuirono specialmente il Belgio, Palatinato e Olanda per 215.000 tonn. la Slesia per 139.000 tonn. gli Stati Uniti d' America per 43.000 tonn. e l'Inghilterra per 44.000 tonn.

L'Italia nel 1903 produsse 126 tonn. di zinco e ne importò 8780.

Le nazioni che consumano più zinco sono la Germania per 143.000 tonn. e l'Inghilterra per 124.000.

*
* *

Mercurio. Questo metallo benchè si presenti raramente libero in natura, era ben conosciuto ancor 300 anni av. Cristo, e Teofrasto ne parlava già chiamandolo *argento liquido*, perchè è liquido a temperatura ordinaria ed ha l'aspetto dell'argento. Sino al 1759 — quando appunto *Braun* a Pietroburgo lo solidificò col raffreddamento — non lo si era mai considerato come un vero metallo, e gli alchimisti immaginavano che il *mercurio* costituisse una specie di anima dei metalli, che avrebbe dovuto entrare nella loro composizione, comunicando ad essi lucentezza e pregio!

In natura si trova quasi esclusivamente allo stato di solfuro (*cinabro*), e lo si riscontra in poche regioni: ad Idria (in Austria) ad Almaden (Spagna), nel Perù, in Russia, ecc.

In Italia, ancora al tempo degli etruschi, si usava il cinabro per colorare in rosso i celebri vasi di terra di quell'epoca.

Nelle diverse regioni italiane che davano mercurio, si sfruttarono le parti migliori delle miniere negli anni passati, lavorando i minerali più ricchi. La

preparazione del mercurio allora era facile e bastava scaldare il cinabro in forni relativamente semplici, in presenza di molt'aria, per ottenere dei vapori di mercurio e di anidride solforosa. Questi vapori venivano condensati in apposite camere fredde, dove il mercurio si separava dalle soluzioni acquose di anidride solforosa. Man mano che si esauriva il minerale ricco, diminuiva in Italia anche la produzione del mercurio e diverse miniere furono anzi abbandonate. Da circa 15 anni però, specialmente per opera dell'Ing. *Spirek*, che introdusse da noi, migliorandoli, i forni *Cermak*, l'estrazione del mercurio venne ripresa con maggior lena specialmente a Monte Almiato. Qui si lavorano con vantaggio anche dei minerali poverissimi, con meno di 0,5 % di mercurio, e si utilizzano i prodotti secondari (i *neri* di mercurio) con

Come si prepara ancor oggi il ferro presso alcune tribù africane (v. pag. 111).

processi razionali, realizzando i massimi vantaggi nell'economia del combustibile e nella mano d'opera, preservando contemporaneamente e molto bene la salute degli operai.

Oggi si ottiene del mercurio purissimo ridistillando quello greggio, filtrandolo attraverso pelli o fitti tessuti, e lavandolo con acido nitrico diluito, freddo.

Oltre al mercurio per usi scientifici, oggi se ne impiegano grandi quantità per l'estrazione dell'oro e dell'argento, nonchè per la fabbricazione della soda caustica elettrolitica, pel fulminato di mercurio e pel sublimato corrosivo.

La produzione mondiale del mercurio nel 1885 era di 3500 tonn. e nel 1904 di 3980 tonn. pel valore di 24 milioni di lire così, divise nei diversi paesi: Stati Uniti d'America 1480, tonn., Austria (Idria) 536, Spagna (Almaden) 1020, Italia 355, Russia 362, Messico 190, Germania e Giappone circa 40 tonn.

*
* *

Argento. Anche questo metallo è conosciuto sin dai tempi più remoti perchè sovente si trova in natura allo stato nativo. Oggi lo si estrae abbastanza facilmente da diversi minerali (*argentite* o solfuro, *luna cornea* o cloruro d'argento, ecc.) e notevoli quantità d'argento si ottengono nella lavorazione del piombo, perchè vi sono delle galene che ne contengono 0,05 e in alcuni casi rari sino 1 %.

L'estrazione è in generale relativamente facile, ma variano i dettagli della lavorazione a seconda delle località. Molti anni addietro si usava esclusivamente il *processo a coppella* per via secca, col quale si fondeva il minerale argentifero insieme a molto piombo; questo libera l'argento e lo scioglie. Continuando a scaldare in presenza di molt'aria, tutto il piombo si ossida e l'ossido fuso galeggiante si può man mano separare, mentre l'argento, non ossidandosi, rimane in ultimo quasi puro nella coppella.

Un alto forno nel 1789 (v. pag. 112).

Ma con questo processo non si potevano lavorare dei minerali argentiferi poveri e allora si applicò con successo un metodo proposto da *Pattinson* nel 1833, che permette di utilizzare ancora con vantaggio quel piombo che contiene meno di 0,01 %. Fondendo questo piombo o i minerali argentiferi misti a molto piombo puro, e lasciando poi raffreddare lentamente, per il fenomeno della *liquazione* (vedi retro), si separa man mano del solo piombo solido, e così la massa che rimane fusa si arricchisce sempre più in argento; quando ne contiene 1-2 %, allora si compieta la separazione nel forno a coppella, come s'è visto più sopra.

E più tardi ancora si potè applicare in alcuni casi un processo proposto da *Karsten* nel 1841, modificato da *Parkers* nel 1850 e perfezionato poi da *Roswag* e da *Cordurié*. Esso si basa sulla maggiore affinità che ha l'argento per lo zinco in confronto del piombo, in modo che fondendo il piombo argentifero con zinco, questo incorpora tutto l'argento e galleggia alla superficie della massa fusa, come schiuma solida che si separa e poi si distilla per eliminar lo zinco e ottenere l'argento, come residuo.

Un altro processo usato con varie modificazioni, specialmente in America, si basa sul principio di trasformare l'argento del minerale in cloruro d'argento, mediante cloruro di sodio e mettendo in libertà dopo questa *clorurazione* l'argento con pezzi di ferro o lastre di rame. L'argento così ottenuto si scioglie poi in mercurio e l'amalgama argentifera risultante si distilla per eliminare il mercurio e ricuperare l'argento.

Per certi minerali solforati si hanno ancora altri svariati processi, che qui sarebbe troppo lungo il ricordare. I progressi nella fabbricazione dell'argento nel secolo XIX, consistono specialmente nell'aver perfezionato i vecchi processi, nell'aver applicato quelli nuovi a seconda della natura dei minerali e nella lavorazione di minerali molto poveri che una volta andavano perduti.

L'uso di questo metallo nobile è in continuo aumento: nel 1880 la produzione mondiale era di 2.480.000 kg. nel 1890 di 4.180.000 kg. e nel 1900 arrivò a 5.600.000 kg. così ripartiti nei principali paesi di produzione: Stati Uniti d'America 1.855.000 kg. Messico 1.715.000 Germania 400.000 Bolivia 290.000 e Australia 337.000 kg.

Il prezzo dell'argento è in continua diminuzione e mentre nel 1870 segnava 225 lire al kg. nel 1890 era disceso a 166 lire e nel 1903 arrivava appena al disopra delle 80 lire al kg.

In Italia dalle galene argentifere della Sardegna e dalle officine della Pertusola nel 1902 si produssero 24.388 kg. d'argento. L'importazione fu di 12541 kg. e l'esportazione di 9486 kg.

*
* *

Oro. Dell'oro ricordammo già il processo d'estrazione elettrolitico e però qui vogliamo rammentare anche altri processi d'estrazione che sono ancora in uso in diverse regioni e che sino a pochi anni addietro costituivano i soli metodi di preparazione dell'oro.

Altoforno conico della prima metà del secolo XIX (v. p. 112).

Questo re dei metalli, per il suo pregevole splendore, per la sua inalterabilità sia all'aria che in contatto con diversi reagenti, per la resistenza a temperature elevate e la sua facile lavorazione fu apprezzato già dai popoli più antichi, che lo trovarono in diverse località allo stato nativo e se lo procurarono con poca fatica.

Anche ai tempi di Plinio si conosceva bene la placcatura dei varii oggetti con oro e l'estrazione si faceva per mezzo dell'amalgama di mercurio. Nel secondo secolo della nostra êra si sapeva purificare l'oro per mezzo della coppellazione con piombo. Nel medio evo la lavorazione dell'oro e la sua separazione dall'argento, che sovente l'accompagna, si era estesa in diverse nazioni, da Venezia al Messico e nel XVI secolo si preparava già il vetro rubino coll'oro.

Questo metallo prezioso che per tanti secoli ha formato il miraggio degli alchimisti, che non lasciarono nulla d'intentato per ottenerlo per semplice trasformazione magica di metalli meno nobili, non è in natura così scarso e così raro, come il suo elevatissimo

prezzo lascerebbe supporre. Forse dopo il ferro è il metallo più *diffuso*, se ne trova dovunque, ma generalmente in piccolissime quantità che non permettono di estrarlo con vantaggio.

In certe località però si trova accumulato in modo da renderne molto proficua l'estrazione, così per es. in California, nell'Alaska, in Ungheria, negli Stati Uniti d'America, in Russia, nel Transwaal, ecc. La pepita d'oro più grossa fu trovata parecchi anni addietro in Australia e pesava 87 Kg.

Una volta l'oro si estraeva dalle sabbie e dalle rocce aurifere levigandole con dei ruscelli d'acqua; questi asportavano la sabbia e lasciavano indietro l'oro più pesante. Il processo venne in seguito migliorato impiegando dei forti getti di acqua sotto la pressione di 4-5 atmosfere, per disgregare le rocce quarzose aurifere ed evitando poi tutte le perdite di oro col far passare il rigagnolo di acqua che trasportava le sabbie, in vasche contenenti del mercurio o sopra lastre di rame amalgamate con mercurio. Questo fissa tutto l'oro sotto forma di amalgama, che vien distillata in storte di ferro per ricuperare il mercurio distillato; l'oro rimane nella storta. Dalle poltiglie che si ottengono nelle diverse lavorazioni si ricuperano le ultime tracce di oro sciogliendolo in cianuro di potassio diluito.

Nei giacimenti d'oro contenenti arsenico e solfo (piriti) questo processo causava notevoli perdite e allora si applicò l'amalgamazione elettrica.

Vi erano poi dei minerali auriferi a composizione più complessa che non si prestavano a nessuna forma di amalgamazione e allora si ricorse alla fusione con piombo il quale scioglie l'oro, mentre le impurità si eliminano sotto forma di scorie, mediante i soliti *fondenti* (silicato, quarzo, ecc.). Il piombo aurifero rimasto si lavora colla coppellazione, come s'è visto per l'argento.

Un processo ancora più perfetto è quello di *Plattner* col quale si estrae dal minerale torrefatto tutto l'oro (95 %), che si scioglie sotto forma di cloruro mediante trattamento con cloro; dalla soluzione si precipita l'oro in polvere aggiungendo vitriolo di ferro; la polvere fusa poi con borace dà l'oro puro.

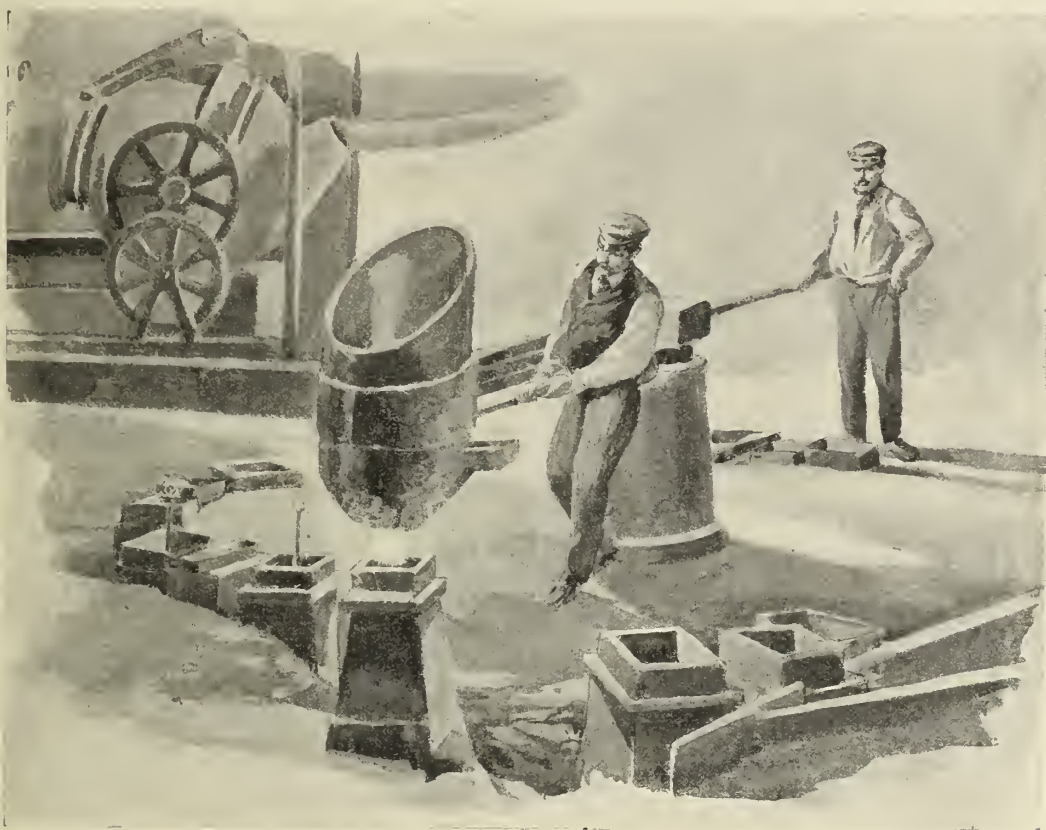
Nel capitolo della elettrochimica abbiamo ricordato il recente processo elettrolitico del *Forrest* e *Siemens* che è stato subito applicato in diverse località. Con esso si estrae l'oro anche da minerali poverissimi mediante soluzioni diluite in cianuro potassico, e da queste si riottiene l'oro per via elettrolitica.

Benchè il prezzo di questo metallo si mantenga costante ora (L. 3437 al Kg.) perchè esso serve a stabilire il valore di tutte le altre merci e monete, tuttavia il consumo andò sempre aumentando. Infatti la produzione mondiale dell'oro nel 1895 era di 155.160 kg. e nel 1904 salì a 500.000 kg. pel valore di 1.754 milioni di lire; 1/3 della produzione è data dagli Stati Uniti d'Am., 1/3 dall'Australia, poi dalla Russia, dal Transvaal e dal Canadà.

L'Italia nel 1890 produsse 206 kg. d'oro e nel 1902 kg. 63, importandone 1396 kg. ed esportandone 1291. Da noi la principale produzione si ha in provincia di Novara (filoni di quarzo e piriti aurifere del Monte Rosa).

*
* *

Nichel. È un metallo conosciuto da poco tempo, mentre i suoi minerali silicei o solforati (garnierite o nichelina) trassero sovente in errore i minatori che non ne conoscendo la natura li credevano minerali di rame, ma non riuscivano ad estrarne il metallo, per semplice riduzione come facevano per gli altri minerali. Libero, ma impuro, fu ottenuto da *Cronstedt* nel 1751; meglio purificato lo preparò *Bergmann* nel 1875 e completamente esente da ferro e puro fu ottenuto da *Richter* nel 1804.

Leghe metalliche contenenti del nichel si conoscevano sin dell'antichità

Colatura della ghisa e dell'acciaio in stampi (v. pag. 114).

e nel medio evo i chinesi mandarono in Europa una lega di metallo bianco detta *pakfong* formata da 7 parti di nichel, 7 di zinco e 5 parti di rame. Segno dunque che i cinesi conoscevano già molto bene l'estrazione del nichel.

In Europa il nichel si mise in commercio solo verso il 1825, specialmente sotto forma di lega con zinco e rame che venne chiamata *argentano*. Questa lega si fabbricò in gran quantità a Berlino e a Vienna.

Nel 1847 il nichel si vendeva a 35 lire al Kg. In America la fabbricazione del nichel cominciò solo nel 1863.

Il consumo di questo metallo aumentò quando, oltre che per tutti gli oggetti casalinghi e d'ornamento, lo si introdusse nella preparazione delle

monete di nichel e precisamente nel 1850 in Isvizzera, nel 1857 nel Nord America, nel 1860 nel Belgio, nel 1870 in Brasile, nel 1873 in Germania e poi nelle altre nazioni e solo da pochi anni in Italia.

La metallurgia del nichel è alquanto difficile, specialmente per la lavorazione di certi minerali e ancor più difficile è la preparazione del metallo molto puro.

In certi casi si fa la stessa lavorazione che si faceva pei minerali di rame.

Vogliamo qui ricordare un processo nuovo ed interessante di estrazione del nichel scoperto da *L. Mond* nel 1889 e applicato industrialmente nel 1902 nel Canadà, dove si lavorano 400-500 tonn. di minerale al giorno. Con questo processo, si parte dalla metallina ottenuta nei convertitori Bessemer e contenente l'80% di nichel. Essa vien prima ridotta in una torre a 300° con gas di acqua e poi si fa arrivare una corrente di ossido di carbonio a 100°. Si forma allora del *nicheltetracarbonile* ($N_i(CO)_4$) che è una sostanza volatile e passa così nel *decompositore* dove alla temperatura di 180° separa tutto il nichel con una purezza del 99,6%.

I pregi del nichel consistono specialmente nel suo aspetto argenteo inalterabile all'aria, nella sua facile lavorazione e facilissima sovrapposizione ad altri metalli e nelle bellissime e pregevoli leghe che può fornire. Importantissima fra queste leghe è oggi l'acciaio al nichel che viene impiegato per svariatissimi oggetti della grande meccanica e per formare le corazze delle moderne navi.

Ecco come aumentò il consumo di questo metallo i cui pregi forse non sono ancora tutti conosciuti.

La produzione mondiale nel 1860 era di circa 200 tonn., nel 1883 di 1000 tonn., nel 1895 di 3723 tonn. e nel 1903 arrivò a 9850 tonn. ottenuto per 2/3 da minerali della Nuova Caledonia che vengono lavorati in parti eguali in Francia, Germania ed Inghilterra, e per 1/3 da minerali del Canadà che vengono lavorati negli Stati Uniti d'America.

Il prezzo nel 1867 era di L. 12 al kg., nel 1875 salì a L. 30 per discendere rapidamente nel 1880 a L. 10 e poi lentamente sino al di sotto di L. 4 al kg. nel 1902.

* * *

Ferro. Di tutti i metalli il ferro è quello che gode di un maggior consumo: esso supera di quasi 40 volte quello di tutti gli altri metalli presi insieme, come si vede dal seguente specchietto:

Produzione mondiale della ghisa e dell'acciaio nel 1901, tonn.						72.184.000
»	»	del piombo	»	»	750.000	totale 1.873.800
»	»	dello stagno	»	»	85.000	
»	»	dello zinco	»	»	500.000	
»	»	del mercurio	»	»	3.700	
»	»	dell'argento	»	»	5.700	
»	»	dell'oro	»	»	400	
»	»	del nichel	»	»	9.000	
»	»	del rame	»	»	520.000	

E il valore totale del ferro supera pure del doppio il valore di tutti gli altri metalli presi insieme (7 miliardi circa contro quasi 3 miliardi di lire!).

Fra tutti i prodotti della metallurgia e mineralurgia il consumo e il valore del ferro è superato solo da quello del carbon fossile la cui produzione nel 1901 superò i 700 milioni di tonn., con un valore di quasi 11 miliardi!

Già dicemmo che se il ferro non fu il primo metallo preparato e lavorato dall'uomo, seguì però subito il rame. Il ferro si trova sparso dovunque sulla crosta terrestre e in molte regioni si è accumulato ed abbonda allo stato di ossido. Come lo estraessero i primi popoli non ci è dato precisare; certo essi lavoravano i minerali di ferro in modo molto rudimentale ed imperfetto, e il metallo risultante non era certo molto buono. Si lavorò anche dapprima del ferro meteorico, e si hanno oggetti di ferro che furono preparati dagli egizi almeno 5000 anni av. C. e dai cinesi circa 3000 anni avanti C.

Qualcosa di analogo all'estrazione primitiva del ferro si riscontra ancora sulle coste occidentali dell'India e in certe tribù africane, come si può vedere dalla figura illustrativa che qui riproduciamo. La riduzione dell' ossido si faceva con carbone di legna in specie di fornelli cilindrici in argilla alti un metro e larghi 30 centim. ovvero in specie di fornaci scavate in terra. Si iniettava l'aria con soffiere formate da sacchi di pelle di capra (Vedi pag. 7 fig. 5) e da tronchi di bambù, e però non si arrivava ad ottenere una massa omogenea fusa. Per diversi secoli rimase celebre il ferro che si produceva a Damasco e a Toledo, perchè dal ferro spugnoso ottenuto dai forni sapevano con ingegnoso lavoro di martello preparare gli oggetti più svariati.

Nel medio evo l'industria del ferro era sviluppata in tutte le nazioni e però il processo di lavorazione era sempre primordiale, e la riduzione dell'ossido di ferro si faceva con carbone di legna.

Una vera rivoluzione nella estrazione del ferro è stata iniziata al principio del XIII secolo colla modificazione nel sistema di riscaldamento del minerale. In Franconia e nel Siegerland (Prussia) sorgono i primi alti forni coi quali si voleva meglio utilizzare il calore avvolgendo tutta la massa di minerale e combustibile con specie di tini in muratura e facendo funzionare le soffierie, per l'iniezione dell'aria, mediante ruote idrauliche. E allora vediamo emigrare la lavorazione del ferro dall' alto dei monti verso le valli per utilizzare l' energia idraulica. Ma questi alti forni condussero da principio a diverse sorprese che misero in grave imbarazzo i metallurgici di quell'epoca. La temperatura più elevata e l'assorbimento di carbonio da parte del ferro condusse non più ad un prodotto pastoso o spugnoso, facilmente lavorabile al martello e al maglio, ma bensì ad un prodotto liquido rovente che dopo solidificazione non si lasciava più lavorare col martello perchè fragilissimo e non più saldabile su se stesso. Si era arrivati involontariamente e per la prima volta alla *ghisa*. Ben presto però si scoprì che dopo una nuova fusione la ghisa diventava di nuovo forgiabile come il ferro che si preparava in passato, ma era di qualità superiore. Nel 1500 dovunque si lavorava col nuovo processo in alti forni che raggiungevano l'altezza di 4-5 metri, e alla comune lavorazione del ferro si aggiunse quella della ghisa e si ottennero i più svariati lavori in getto per usi artistici e per usi industriali.

La Germania colla sua immensa ricchezza di boschi, si tenne alla testa dell'Europa durante alcuni secoli nella produzione del ferro e però sino al XVIII secolo in quest'industria non si registrarono innovazioni importanti. I tentativi fatti in Inghilterra (1729) e prima nel Belgio (1627) per sostituire il carbone di legna con carbon fossile e fondere il minerale in forni a riverbero con carbone espressamente preparato (una specie di coke), non condussero a risultati pratici. Tuttavia nel 1619 *Dud Dudley* lavorò per parecchi anni con carbon fossile e potè vendere il ferro a 100 lire la tonn. mentre quello preparato con carbone di legna costava 150-160 lire.

In America la produzione del ferro con alti forni comincia dopo il 1750 e si sviluppa notevolmente nel XVIII secolo, ma neanche il più immaginoso sognatore avrebbe mai preveduto l'immenso sviluppo dell'attuale industria del ferro negli Stati Uniti d'America.

In Inghilterra lo sviluppo dell'industria del ferro era strettamente legata alla possibilità di poter sostituire il carbone di legna con carbon fossile. I primi insuccessi dei tentativi in questo senso, non scoraggiarono gli industriali inglesi: nel 1740 *A. Darby* e *R. Ford* riuscirono felicemente a sostituire il carbon di legna negli alti forni, con del coke preparato dal carbon fossile, aumentando notevolmente la produzione giornaliera di ogni forno. I vecchi forni a carbone di legna per sostenere la concorrenza furono alzati sino all'altezza di 12, 15 e anche 19 m., ma la massima produzione raggiunta non superava i 1000 kg. al giorno, mentre coi forni a coke nel 1800 si era arrivati in alcuni casi a produrre sino 4000 kg. al giorno, e il consumo di coke era poco più di una tonn. per ogni tonn. di ferro prodotto, mentre il consumo del carbone di legna era più che doppio, talvolta anche quadruplo. E la potenzialità degli alti] forni veniva ancor aumentata dal perfezionamento delle soffierie: da quelle a mantici di pelle si era passati alle più potenti di legno e poi coll'introduzione delle macchine a vapore si poterono far funzionare le soffiere a cilindri proposte nel 1768 da *Smeaton* colle quali già i forni a carbone di legna avevano elevato la loro produzione da 300 tonn. (nel 1740) a 550 tonn. (nel 1788).

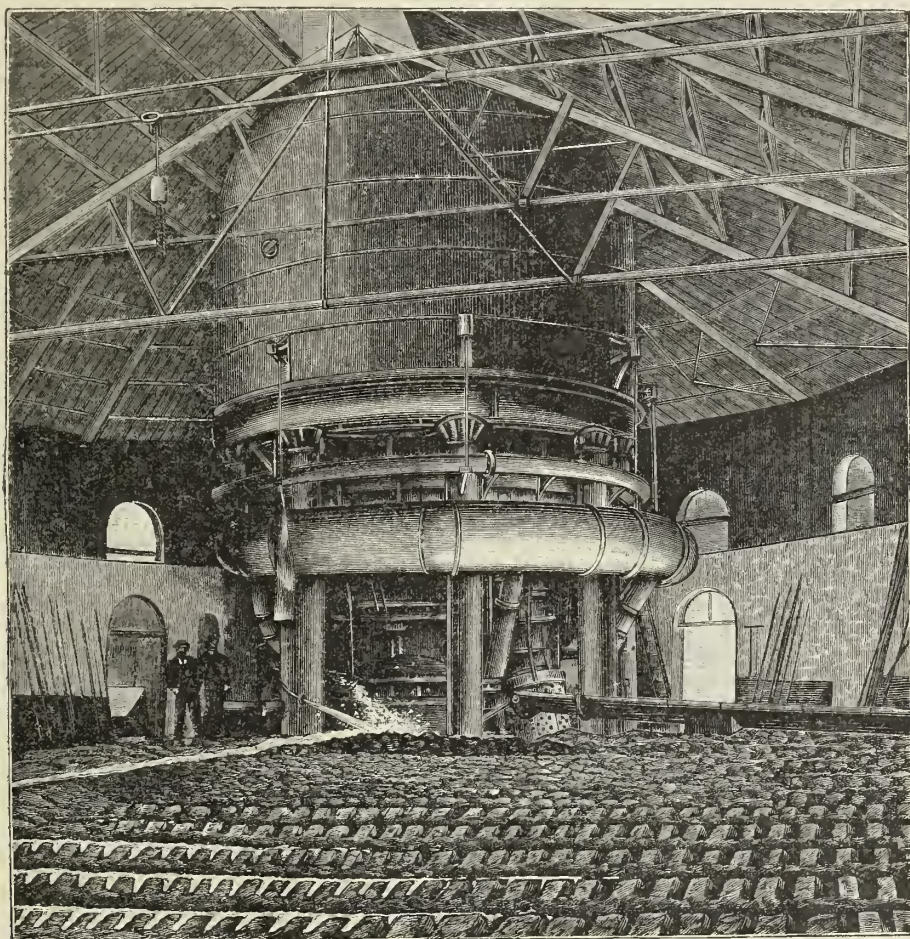
Sul continente europeo il primo alto forno a coke apparve nel 1767, ma non ebbe un successo immediato. Nel 1806 invece in Inghilterra sopra 161 alti forni, solo in due di essi si lavorava ancora con carbone di legna, ed in quell'epoca l'Inghilterra conquistò tutti i mercati del mondo e rimase per lunghi anni ancora alla testa delle nazioni produttrici e consumatrici di ferro.

Quel predominio però non rimase incontrastato e già una prima difficoltà per l'Inghilterra consisteva nell'affinazione della ghisa, cioè nella sua trasformazione in ferro malleabile con successivo riscaldamento con carbone di legna. I tentativi fatti nel 1780 di affinare la ghisa con carbon fossile non diedero buoni risultati e però nel 1783 *Cort* brevettò un forno per affinazione, che apriva le speranze alla soluzione del problema. Nel 1784 infatti si ebbe il primo forno a *pudellazione* proposto quasi contemporaneamente da *P. Onions* e da *Cort*: la ghisa fusa si faceva arrivare in un forno a riverbero con pavimento a conchiglia e si scaldava, agitando in presenza dell'aria, sino all'ebollizione della massa, poi si continuava ad agitare e così l'ossigeno

dell'aria asportava man mano il carbonio dalla ghisa, sotto forma d'ossido e biossido di carbonio, sino a che la massa si rapprendeva in blocchi di ferro raffinati.

Questo processo venne gelosamente tenuto segreto e però nel 1800 apparvero i primi disegni dei forni a pudellazione che man mano si estesero in altri paesi e però la superiorità dell'Inghilterra era ormai consolidata.

* * *

Dobbiamo ancora ricordare come coll'introduzione degli alti forni e colla scoperta della ghisa che fondeva facilmente, si avesse da principio una facile ossidazione della ghisa stessa specialmente nei punti dove arrivavano i getti d'aria. Si pensò allora di aggiungere al minerale di ferro ed al carbone anche

Parte inferiore d'un grande altoforno moderno durante la scarica della ghisa fusa.

delle pietre calcari e dell'argilla: a temperatura elevata si formava una massa vetrosa liquida che avvolgendo in tutti i punti la ghisa e galleggiando su di essa ne impediva l'ossidazione, mentre ne asportava le impurità. Ad operazione finita la massa vetrosa si separava nettamente sotto forma di *scorie.*

Per completare lo studio delle condizioni della metallurgia alla fine del XVIII secolo, accenniamo alla preparazione dell'*acciaio*, il quale non è altro che

ferro contenente una certa quantità di carbonio disciolto, inferiore a quella della ghisa, ma superiore a quella del ferro dolce. Nei primi tempi e sino quasi al medio evo, la preparazione dell' acciaio dipendeva molto dal caso e non lo si poteva ottenere con sicurezza quando si voleva. *Agricola* (1550) e *Biringuccio* descrivono il processo di preparazione sicura dell'acciaio, cementando del ferro dolce in un bagno di ferro greggio o ghisa fusa ottenuta direttamente dal minerale, scaldando, agitando e aggiungendo ferro dolce sino a che la ghisa stessa diventava pastosa e affinata e quindi tutta la massa diventava acciaio. Con questo processo però si aveva molto scarto di fabbricazione che talvolta superava il 50 °/₀ del metallo lavorato. Nel XVIII secolo si perfezionò l' altro processo di preparazione dell' acciaio, quello di vera *cementazione*: si trasformava cioè il ferro dolce in acciaio, scaldandolo in presenza di carbonio polverizzato sino a rammollimento e manipolandolo sino a fargli assorbire la giusta quantità di carbonio. Questo processo già usato nel XVII secolo in Piemonte e poi in Inghilterra, venne studiato bene e perfezionato da *Rèaumur* in Francia nel XVIII secolo, preparando apposite polveri di cementazione e forni adeguati per garantire la buona riuscita di ogni operazione. Nel 1740 *Huntsman* trovava modo di ottenere in una sola operazione l'acciaio fuso e raffinato (omogeneo), scaldando in crogiuoli refrattari l'acciaio saldato o cementato con del coke puro in forno a getto d'aria. Il processo si potè mantenere segreto sino al principio del secolo XIX e solo l'Inghilterra forniva *acciaio fuso*.

*
* *

Nel secolo XIX l'industria del ferro ha avuto uno sviluppo così meraviglioso che neanche il più grande ottimista avrebbe mai potuto sperare; alla fine del secolo la produzione del ferro salì a dei limiti fantastici. Diversi fattori contribuirono a questo incremento, e qui li riassumiamo rapidamente.

Al principio del secolo XIX in Inghilterra era stato quasi dovunque sostituito il carbone di legna con coke del carbon fossile, e nel 1837 *G. Crane* applicò con successo l' uso dell' antracite, come era già stato fatto in America e ottenne la prima tonn. di ghisa mediante aria calda, nel continente invece si procede più lentamente. — In Francia sino al 1818 si contava un solo alto forno a coke al Creusot e dopo ne sorse un altro a St. Etienne. — Nel Belgio il più grande incremento venne dato da John *Cockerill* a Seraing, presso Liegi sin dal 1812 colla fusione con coke e colla pudellazione, e nel 1823 colla costruzione di un alto forno a coke alto quasi 15 m. che produceva giornalmente 10 tonn. di ghisa, attirando l' ammirazione di tutta l'Europa! Nel 1838 il Belgio contava già 32 alti forni. — In Germania nel 1837 il 90 °/₀ del ferro veniva ancora prodotto con carbone di legna, nel 1850 il 75 °/₀, nel 1860 il 30 °/₀ e dopo il 1870 dovunque si usa il coke. — In Austria il primo alto forno a coke vien costruito nel 1821. — In America il primo alto forno fu costruito da tedeschi nel 1809 e nel 1811 se ne contavano già 10; la sostituzione del carbone di legna qui veniva tentata coll'antracite e il successo fu completo nel 1830 per merito di *Geissenhainer* che si servì delle potenti soffierie inglesi a cilindri.

Nel 1837 si provò con buon esito anche l'uso del carbone bituminoso e solo dopo il 1841 comincia lentamente a estendersi l'uso del coke.

Solo la Scandinavia, coll'immensa ricchezza dei suoi boschi ha continuato sino ad oggi a lavorare con carbone di legna.

Un grande progresso nel lavoro degli alti forni — senza contare i miglioramenti nella loro costruzione che è ora parte in muratura e parte in ferro — fu portato nel 1829 da *J. Neilson* che propose di usare aria soffiata calda. Collo stesso forno si era in tal modo riusciti a raddoppiare la produzione, e mentre con aria soffiata fredda si consumavano 8 tonn. di coke per ottenere 1 tonn. di ferro, con aria soffiata a 150° il consumo discese a 5 tonn. e colla temperatura di 300° diminuì a circa 3 tonn. — Non pochi furono i perfezionamenti dei diversi sistemi di tubi per riscaldare l'aria soffiata; dai tubi a fasci detti *Calder* disposti in apposito forno, come aveva ideato *Neilson* a quelli proposti da *Faber du Faur* nel 1831 e disposti sulla bocca superiore dell'alto forno e riscaldati coi gas stessi che uscivano caldi dal forno. Quest'ultimo sistema di tubi portò a lungo il nome di *Wasseralfinger* dal nome dell'officina del Würtemberg che prima ne fece l'applicazione. Ma più importante di tutti è stato il sistema ideato da *Alfredo Cowper* applicando a questi riscaldatori il principio dei forni rigeneratori Siemens (vedi pag. 93). Egli utilizzò gli stessi gas caldi che escono abbondantissimi dagli alti forni e se ne servì per scaldare alternativamente due grandi camere ripiene di numerosissimi cilindretti d'argilla.

Convertitore Bessemer in piena attività per la preparazione dell'acciaio.

Quando una camera era calda (sino a 900°) i gas riscaldavano la seconda, ma nel frattempo l'aria soffiata per gli alti forni passando attraverso alla prima camera calda ne usciva alla temperatura di 500-600°. Quando la seconda camera era calda, la prima era in parte raffreddata e allora i gas dell'alto forno passavano di nuovo nella prima camera e la corrente d'aria si riscaldava attraverso la seconda camera. Con questo sistema che dopo il 1865 si estese in tutta Europa e si potè avere nell'interno dell'alto forno una temperatura superiore del 20 °/₀ a quella che si otteneva prima, e si giunse ad una nuova ed importante economia nel consumo del coke.

I primi riscaldatori Cowper avevano l'altezza di circa 6 m. e il diametro di 3, ma man mano si aumentò l'altezza sino a 20 e 22 m. con un diametro di 7-8 metri potendo così ottenere 300-350 mc. di aria soffiata al minuto, alla temperatura di 800°! In tal modo si riuscì ad abbassare il consumo del coke sino a 1100 kg. per ogni tonn. di ferro.

Contemporaneamente si elevavano anche gli alti forni assumendo gran-

dezze sempre più imponenti. Dai forni di 12-14 m. d'altezza e del volume di 260-300 mc. si passò gradatamente a forni alti sino a 30 m. e della capacità di oltre 1000 mc. In America si costruirono ultimamente dei forni alti sino quasi 37 m. Mentre la produzione giornaliera nei forni più grandi prima del 1850 raramente superava le 15 tonn. di ghisa; più tardi si arrivò man mano a delle produzioni sempre più importanti sino a 100 e 200 tonn. di ghisa in 24 ore. Nel 1898 la Carnegie Steel Comp. costruì degli alti forni che davano una produzione giornaliera di 720 tonn. di ghisa, e ciascuno costava 3 o 4 milioni di lire!

Nell'alto forno si introduce dall'alto la miscela di minerale e di *fondente* (vedi retro) e la si alterna con strati di coke. Nella combustione del carbone coll'aria soffiata si forma dell'anidride carbonica (CO_2), che attraversando altri strati di carbone rovente si riduce ad ossido di carbonio (CO), e questo a sua volta in contatto col minerale di ferro gli sottrae l'ossigeno riducendolo a ferro e rigenerando l'anidride carbonica che in contatto di altro carbone rovente dà ancora CO e così il processo continua nell'alto forno. Il ferro a temperatura così elevata (1000-1200°) si rammollisce e discioglie del carbonio, divenendo più fluido e colando man mano nel fondo dove l'aria calda brucia l'eccesso di carbonio disciolto ed eleva la temperatura della massa sino a 2600°. Dal fondo allora si cava la ghisa liquida rovente, che scorre in canali scavati in terra per giungere in rigagnoli infuocati in appositi stampi dove si raffredda, o in grandi recipienti mobili che la trasportano nei vicini locali per la trasformazione in ferro dolce o in acciaio.

Abbiamo accennato all'ingegnosa utilizzazione del calore dei gas che escono dagli alti forni, ma in questi ultimi anni si trasse razionale profitto anche dai gas già raffreddati, che prima andavano perduti. Questi gas contengono circa il 25 °/₀ in ferro di ossido di carbonio, misto a biossido, azoto e poco vapor d'acqua. L'ossido di carbonio è un gas che può bruciare sviluppando 5500 calorie (per ogni grammo) e perciò si pensò di utilizzare i gas degli alti forni dapprima per riscaldare le caldaie, dalle quali il vapore generava nelle motrici 1 cavallo-ora di forza ogni 22 $m.^3$ di gas bruciato, ma dal 1895 ad oggi per iniziativa di *Twaite* e *Gardener* a Glascow e delle officine *Cockerill* in Belgio, si utilizzano ancor meglio direttamente nei motori a gas, dai quali si può ottenere un cavallo di forza con soli 4 $m.^3$ di gas. Dapprima si usarono piccoli motori da 12 cavalli, ma poi si passò anche a motori di 1200 cavalli.

In Germania nell'officina di alti forni d'Ilsede si utilizzano questi gas per un impianto elettrico di 6000 cavalli.

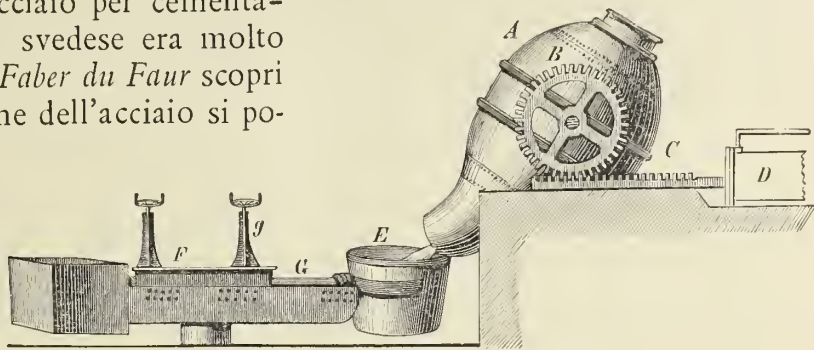
Nel 1902 in Europa si utilizzavano già circa 200,000 cavalli coi gas degli alti forni.

Mentre stiamo scrivendo destano grande interesse le esperienze fatte in alcune officine da *Gayley*, di soffiare negli alti forni dell'aria secca. L'essiccamento pare riesca bene con le macchine frigorifere, le quali raffreddando l'aria ne fanno condensare l'umidità e in una officina si poterono in tal modo separare sino 150 quintali d'acqua in 24 ore.

Nel 1902 in Francia si contavano 93 alti forni, in Belgio 26, in Inghilterra 343, in Svezia 139, in Italia 11, nel Canadà 14, negli Stati Uniti d'America 266.

Sembra che gli alti forni in questo modo diano un rendimento maggiore e migliore.

*
* *

Il *ferro dôlce* e l'*acciaio* si ottengono oggi esclusivamente affinando ulteriormente la ghisa. Più sopra abbiamo ricordato come questa trasformazione fosse fatta da *Onions* e da *Cort* alla fine del XVIII secolo nei *forni a pudellazione*. Questi forni si applicarono in Europa solo più tardi. Anche la preparazione dell'acciaio per cementazione del ferro dolce svedese era molto usata in Inghilterra. *Faber du Faur* scoprì poi che la pudellazione dell'acciaio si poteva fare vantaggiosamente anche coi soli gas degli alti forni e più tardi si poterono usare a questo scopo i forni rigeneratori a gas del sistema Siemens.

Scarica dell'acciaio fuso del convertitore Bessemer.

Gli inglesi al principio del XIX secolo avevano anche il monopolio dell'acciaio fuso che ottennero dapprima fondendo l'acciaio di cementazione o di pudellazione in crogiuoli di grafite, e verso il 1812 in forni a riverbero.

Sul continente il primo acciaio fuso fu preparato di *Poncelet* a Liegi e nel 1811 da *F. Krupp* fondendo in crogiuoli la ghisa e il ferro dolce. Nel 1819 Krupp fondò il suo primo stabilimento ad Essen che doveva poi diventare quel colossale organismo che tutto il mondo ammira. Nel 1851 il Krupp esponeva a Londra un blocco d'acciaio fuso di 22 quint., nel 1862 ne esponeva uno di 200 quint. ottenuto da 600 crogiuoli e nel 1867 esponeva a Parigi fra l'ammirazione universale un blocco d'acciaio di 400 quint. Nel 1839 *Heath* dimostrò l'importanza del manganese nella preparazione dell'acciaio e più tardi si fece larga applicazione di questa scoperta.

Ma il più grande progresso del secolo, nella preparazione dell'acciaio, che inizia un'êra feconda, si ebbe colla famosa scoperta di *Henry Bessemer* fatta nel 1856. Egli ottenne il miglior acciaio, nel modo più economico e con grande produzione, iniettando una forte corrente d'aria compressa nella ghisa fusa, contenuta in apposito ed ingegnoso recipiente, detto *converter* (fig. pag. 115), rivestito nell'interno di argilla refrattaria silicea. Da quell'epoca la produzione dell'acciaio in Europa ha preso uno sviluppo straordinario ed imprevisto.

Nel convertitore la temperatura si mantiene elevatissima non solo per la combustione del carbonio della ghisa, ma specialmente per la combustione del silicio fornito dalla ghisa e dal rivestimento del convertitore. I primi

convertitori avevano la capacità di 1-2 tonn. e si manovravano piuttosto lentamente; oggi in 20-25 minuti la trasformazione della ghisa in acciaio o in ferro dolce è completa e nelle 24 ore si possono fare da 40 a 60 cariche di 10-15 tonn. ciascuna per ogni convertitore. Ogni operazione è finita quando osservando collo spettroscopio la fiamma che esce dal convertitore, non si vedono più le linee caratteristiche dell'ossido di carbonio.

Sin dai primi tempi dell' introduzione del processo Bessemer si osservò un grave inconveniente che ne rendeva impossibile la sua applicazione in molte officine, perchè le ghise ricche di fosforo davano un ferro od un acciaio difettoso ed inservibile. *Snelus* nel 1872 e *Thomas* e *Gilchrist* nel 1878 dimostrarono che il fosforo non poteva trasformarsi o separarsi nelle scorie allo stato di fosfato di calcio, perchè il rivestimento interno dei convertitori essendo acido, cioè ricco di acido silicico (silice), questo rendeva la massa metallica fusa marcatamente acida ed i fosfati acidi o l'acido fosforico messi in libertà venivan ridotti dal ferro e alla fine risultava sempre un acciaio ricco di fosforo. — *Thomas* e *Gilchrist* proposero allora di rivestire i convertitori nell'interno con sostanze basiche; magnesia o dolomite e di aggiungere anche della calce viva (oltre il 10 %) alla ghisa fusa. Tutto il fosforo in questo modo, si separa sotto forma di fosfato di calcio nelle scorie fuse che galeggiano alla superficie del bagno metallico e che si possono separare inclinando opportunamente il convertitore.

Le scorie così ottenute sono ricche in fosfati basici di calcio ed hanno oggi un grande pregio come concime. A pag. 85 abbiamo dimostrato l'importanza di queste scorie, il cui consumo in Europa s'avvicina ora ai due milioni di tonn. D'altra parte la produzione mondiale dell'acciaio col processo Thomas, che nel 1879 era solo di 3000 tonn. salì nel 1885 a quasi 1 milione di tonn. e nel 1895 a circa 4 milioni di tonn. delle quali quasi la metà vengono prodotte in Germania.

Oggi si cerca di utilizzare nel miglior modo anche le abbondantissime *scorie* che si ottengono dagli alti forni. La massa vetrosa fusa che galeggia sulla ghisa fusa si rende solida e granulata facendola colare in fosse piene d'acqua. Pel passato si cercò di farne poi dei mattoni e dei cementi, senza gran profitto. Ora invece sembra si riesca ad introdurla vantaggiosamente, dopo polverizzazione finissima, nella fabbricazione del cemento Portland e meglio ancora nella preparazione dei mattoni artificiali (*arenolite*, vedi retro) in sostituzione di $^1/_3$ della calce.

*
* *

Dopo l'applicazione dei forni rigeneratori Siemens, si fece strada un altro processo di preparazione dell'acciaio, proposto dai fratelli *Martin*, col quale era possibile ottenere acciaio fuso coi forni a riverbero. In essi si metteva circa il 75 % di ghisa fusa e 25 % di ferro dolce o rifiuti d'acciaio; la temperatura si elevava sino a 1500 e 1800° e lentamente la trasformazione in acciaio fuso omogeneo si completava. I primi forni Martin avevano la capacità di due tonn.; oggi in America se ne costruiscono di 40 ed anche di 50 tonn. e la fusione dura 8-10 ore. Il pavimento dei forni Martin era for-

mato da sabbia quarzosa e la volta da mattoni refrattari di quarzo. Nel 1879 nelle officine di Creuzot (Francia) si applicarono con gran successo i rivestimenti basici (calcare, dolomite, ecc.) anche ai forni Martin e si trovò che la defosforazione diveniva più facile e più completa. In alcuni casi anzi si combinò il processo Bessemer col processo Martin, iniziando l'affinazione della ghisa col primo e terminando la defosforazione col secondo. Nei forni Martin si può avere acciaio anche da una miscela di 60 % di ghisa fusa, 20 % di rottami e 20 % di minerale. Le scorie fosfatiche ottenute con questo processo hanno lo stesso valore per l'agricoltura come le scorie Thomas, a pari titolo in anidride fosforica.

Oggi il processo basico anche nei forni Martin ha preso un grande sopravvento su quello acido e però in generale si applica dove si possono fare grandi produzioni e dove si hanno abbondanti rottami da lavorare. Col processo Martin si ottiene un acciaio finissimo e meglio ancora un ferro buonissimo che non si può avere neanche colla pudellazione.

In questi ultimi tempi si migliorò ancora il forno Martin nel senso di abbreviare la durata della fusione e di aumentare la produzione.

Mentre nel 1886 negli Stati Uniti si produceva il 91 % dell'acciaio col processo Bessemer e il 9 % col processo Martin, nel 1902 il rapporto era già diventato di 65 % e 38 %. In Inghilterra il rapporto fra acciaio Bessemer e Martin era di 69,5 % a 30,5 % nel 1886, mentre nel 1895 si aveva 47 % contro 53 %. In Germania nel 1902 si produceva 69,5 % di acciaio Bessemer e 31,5 % di acciaio Martin.

*
* *

L'affinazione della ghisa per la preparazione di ferro da fucina al principio del secolo XIX non subì grandi perfezionamenti. Dapprima l'Inghilterra e poi le altre nazioni d'Europa lavoravano coi forni a pudellazione o affinavano la ghisa con carbone di legna. Dopo aver provato la lignite e la torba per la pudellazione, si applicò con vantaggio nel 1834 il processo *Faber du Faur*, si usarono cioè i gas degli alti forni. Si fece poi la pudellazione in forni chiusi e più tardi questi si combinarono coi forni generatori Siemens abbassando il consumo del carbone da 1200 kg. a 400 kg. per tonn. di ferro.

Pel riscaldamento dei forni a pudellazione si usano in America anche i gas infiammabili naturali, che là sono abbondantissimi. Nella Russia meridionale invece si utilizzano bene, allo stesso scopo, i residui del petrolio.

La pudellazione fatta coi primitivi forni riusciva una delle operazioni più lunghe (durava parecchi giorni), più difficili, più faticose e più pericolose per gli operai, che dovevano estrarre dai forni i grossi mascelli roventi e liberarli dalle scorie a forza di maglio. — Dopo molti tentativi e numerosi insuccessi si costruirono dei forni girevoli a lavoro meccanico automatico. Ebbero gran successo i *forni rotativi Dauks* introdotti nel 1871 in America e nel 1872 in Inghilterra: si possono fare delle cariche di 30 e 35 tonn. alla volta e l'operazione è terminata in 2 o 3 ore. — Più tardi si usarono i forni *Pernot* a pavimento circolare girevole che davano una produzione doppia dei forni Danks.

Verso il 1885 i forni meccanici scomparvero quasi tutti per lasciare il campo ai potenti e rapidi *convertitori* Bessemer.

Prima di chiudere questo capitolo della siderurgia dovremmo accennare agli ammirevoli tentativi che si stanno facendo in questi ultimi anni, ma senza successo, per utilizzare il forno elettrico nella preparazione del ferro e dell'acciaio. Dovremmo ricordare i vani tentativi fatti dallo *Stassano* a Darfo (Brescia) nel 1902-1903 per ottenere elettricamente l'acciaio direttamente dal minerale di ferro. Le prove costarono 1 milione di lire e non condussero ad alcun risultato pratico. In Francia si continuano ancor oggi gli esperimenti iniziati sin dal 1901 col processo *Héroult;* le speranze di risolvere il difficile problema non sono ancora svanite, ma sin ad ora non si è usciti dal campo delle esperienze. Altrettanto devesi ripetere per il processo *Kjellin* tentato nel 1902 in Svezia.

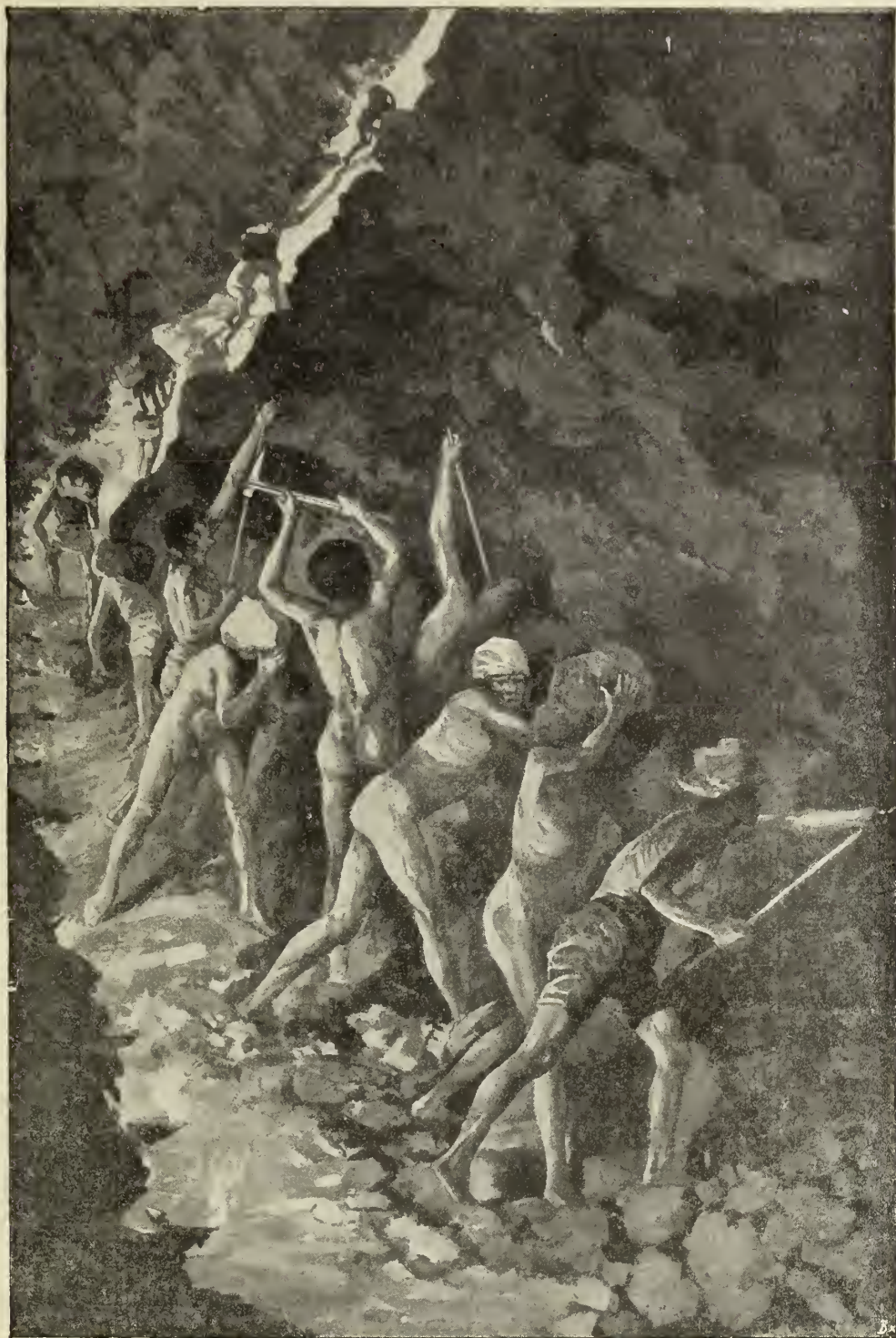
Sarà opera benefica degli scienziati e dei tecnici del XX secolo se l'elettricità ci darà un giorno anche il ferro e l'acciaio!

*
* *

Per cantare le glorie del secolo del ferro e dell' acciaio occorrerebbe la penna di sommi scrittori, e qui invece dobbiamo accontentarci di misurare la civiltà ed il progresso industriale delle singole nazioni colla prosa delle cifre, che pur ha un certo valore persuasivo per chi s'affida al ragionamento dei fatti. Il seguente quadro è per se stesso troppo suggestivo per richiedere qualsiasi parola illustrativa:

PRODUZIONE MONDIALE DEL FERRO GREGGIO (GHISA) E DELL'ACCIAIO.

	1850		1880				1901			
	FERRO tonn.	°/₀ produz. mondiale	FERRO tonn.	°/₀ produz. mondiale	ACCIAIO tonn.	°/₀ produz. mondiale	FERRO tonn.	°/₀ produz. mondiale	ACCIAIO tonn.	°/₀ produz. mondiale
Inghilterra . . .	2.286.000	53.2	7.875.545	42.5	1 300.000	32.8	7.886.000	19.3	5.800.000	16
Germania . . .	215.659	5.1	2.792.040	14.8	650.000	16.3	7.880.090	19.2	6.394.000	20
Francia	405.653	9.7	1.725.000	9.4	360.000	9.	2 400.240	5.8	1.465.000	4.7
Stati Uniti d' Am.	572.893	13.6	3.879.840	21.2	1.000.000	25.2	16.132 400	39 5	13.690.000	44
Austria Ungheria .	198.500	4 7	464.000	2.5	120.000	3 -	1.315.530	3.3	1.142.000	3.6
Russia	204.750	4 8	448.596	2.4	190 000	4 9	2 831.000	6.9	1.815.000	5 7
Belgio	144 452	3.4	608.084	3.2	110.000	2 9	765 800	1 9	526 670	1.8
Svezia	181 156	4.3	405 713	2.2	35.000	0.9	528.375	1.4	350.000	1.2
Italia	30.000(?)	—	20 000(?)	—	3.500	—	16.000	—	123 310	0.4
Spagna	32.380	—	85.940	—	—	—	294 120	0.7	122 954	0.4
Altri Stati . . .	70.000	0.8	307 000	1.4	40.000	1.-	635.000	1.5	500.000(?)	1 7
Totale - circa . .	4.270 000	—	18.630.000	—	4 000.000	—	40 684.150	—	31.500.000	—

Il prezzo del ferro greggio (ghisa) subisce poche oscillazioni, salvo in periodi eccezionali di breve durata: nel 1850 in Inghilterra il prezzo era di circa L. 5.60, nel 1880 di L. 6.00 e nel 1902 di nuovo L. 5.60 al quintale. Eccezionalmente nel 1854 il prezzo salì a L. 10, nel 1873 a L. 15 e nel 1900 a L. 9.

Nelle solfare di Sicilia: picconieri e carusi (Dall *Illustrazione italiana*).

Dato quel favoloso consumo di ferro, non sembrerebbe fuori di luogo la preoccupazione di un prossimo esaurimento dei minerali di questo metallo e però i nostri nipoti del secolo XX possono dormire i lor sonni ancora tranquilli perchè la mancanza o la carestia del ferro è una eventualità per ora molto lontana.

Nella sola Stiria i giacimenti conosciuti di buon minerale di ferro superano i 100 milioni di tonn. e quelli dei campi di Minette nel Lussemburgo sono stimati a 300 milioni di tonn. Nella Lorena si hanno almeno due miliardi di tonn. di minerale con 36 °/₀ di ferro, e altri due miliardi nel Kirunavara-Luossavara. Giacimenti immensi si hanno anche in Isvezia ed in altre Nazioni.

*
* *

Industria del solfo. — È prettamente industria italiana e merita di essere ricordata in questo rapido sguardo storico che stiamo succintamente illustrando.

Prima del secolo XIX il solfo non aveva nessuna importanza pratica e, benchè conosciuto sin dalla più remota antichità, non servì che qualche volta per usi medicamentosi e per l'imbianchimento dei tessuti, per cui si utilizzavano i fumi della sua combustione. — Col nascere dell'industria dell'acido solforico alla fine del XVIII secolo, acquistò sempre più importanza l'estrazione del solfo in Sicilia, il quale per molti anni, sino al 1840, venne usato esclusivamente nella preparazione di detto acido. Un mal consigliato monopolio delle miniere siciliane, concesso dal governo borbonico ad una ditta di Marsiglia, spinse gli industriali alla ricerca d'una sorgente di solfo più economica e questa fu ben presto trovata nella pirite (solfuro di ferro). Dal 1870 il prezzo del solfo siciliano si trovò strettamente legato a quello della pirite, pure essendo scomparso a poco a poco l'impiego del solfo nella fabbricazione dell'acido solforico.

Se la produzione del solfo non ebbe quell'incremento che si prevedeva 50 anni addietro, tuttavia i nuovi impieghi in agricoltura e in varie industrie chimiche ne mantengono ancora alto il consumo.

La concorrenza nel prezzo contribuì notevolmente a perfezionare i processi di estrazione di questo minerale, modificandoli razionalmente a seconda delle località e della diversa natura dei giacimenti. Il solfo delle *solfatare* infatti si trova in strati non molto grossi, quasi a fior di terra, dove si è accumulato coll'andar degli anni dalle combinazioni dei fumi di acido solforico e di anidride solforosa che provengono dalle emanazioni gassose dei crateri di vulcani ormai spenti. — Il solfo delle *solfare* invece, forma degli importanti strati compatti sotterranei (da 50 a 200 metri dalla superficie) che hanno probabilmente preso origine dalla condensazione di vapori di solfo provenienti da punti interni e caldi della crosta terrestre, ovvero dall'azione dell'ossigeno dell'aria e dell'anidride carbonica sopra soluzioni di solfuro di calcio derivante dalla decomposizione ignea del gesso con carbone o sostanze organiche ($CaS + O + CO_2 = CaCO_3 + S$).

In Sicilia l'estrazione del solfo dal minerale, che ne contiene da 15 a 40 °/₀, si fece sino al 1850 in modo molto primitivo e con grande spreco di minerale, perchè questo si raccoglieva in piccoli mucchi (*calcarelli*) e veniva scaldato, bruciando il solfo stesso del minerale; quello che non bruciava colava fuso sul fondo in stato molto impuro. Più della metà del solfo era perduto e i vapori dei calcarelli danneggiavano gli abitanti e la vegetazione.

Il rendimento del minerale aumentò notevolmente (sino al 65 %) quando si usarono i *calcaroni*, formati da grandi mucchi di minerale ben disposto in vasche in muratura a fondo inclinato, dove si raccoglie il solfo fuso. Dopo il 1880 si applicarono man mano i forni rigeneratori *Gill*, che danno un rendimento del 75 % (il rendimento teorico è dell'85 % perchè il 15 % di solfo deve bruciare per sviluppare il calore necessario alla fusione del restante). Coi forni *Sanfilippo* si poterono lavorare recentemente, con vantaggio, anche gli sterri e i minerali poveri. Da parecchi anni si tentò altresì l'estrazione più razionale, con vapore surriscaldato, nei forni *Gill-Thomas*, e però, causa il conbustibile troppo caro in Sicilia, questo processo non si estese molto, pur avendo permesso l'estrazione del solfo nel mezzo dei mandorleti, senza alcun danno alla vegetazione. Nel 1891 il 75 % del solfo siciliano si estraeva ancora coi calcaroni, il 17 % coi forni rigeneratori e l' 8 % con estrattori a vapore; nel 1903 i rapporti erano notevolmente cambiati: i calcaroni davano solo il 32 % del solfo, i forni rigeneratori il 55 % e gli estrattori a vapore il 13 %.

In Romagna invece dove il solfo è meno abbondante e più impuro, non si poterono applicare i calcaroni, ma si ricorse alla distillazione, dapprima nei *pignatti* d'argilla per piccole partite, e poi in caldaie di ferro (*doppioni*) scaldate a fuoco diretto, e finalmente si usò anche il vapore surriscaldato pei minerali poveri.

*
* *

L'estrazione del minerale dalle solfare era fatta una volta tutta alla mano, con un lavoro penosissimo e micidiale per i picconieri che dovevano staccarlo dalle pareti delle anguste gallerie scavate nelle viscere profonde della terra, mal difese e male arieggiate, e pei poveri *carusi* che ancora in tenera età erano costretti a sforzi inumani per trasportare sulle spalle fuori della galleria, lungo scalinate mal scavate nel terreno, dei pesi enormi che schiantavano in breve l'organismo di quelle giovani esistenze. — Da qualche anno si comincia a far qualcosa per far cessare questo stato di cose veramente umiliante per una nazione civile, e il lavoro interno delle solfare è ormai più sicuro e l'estrazione del minerale si fa sempre più con mezzi meccanici. Nel 1903 ancora il 57 %, del minerale si asportava dalle miniere a spalle.

Gli operai occupati in Sicilia nelle solfare sono circa 37000, con una paga media giornaliera di L. 2, raggiunta solo dopo gli scioperi del 1900 e 1903. I picconieri sono quasi 9000 e si calcola che ognuno estragga annualmente tanto minerale corrispondente a 60 tonn. di solfo.

*
* *

Il solfo come cola dai calcaroni o dai forni rigeneratori, si raccoglie in stampi, che lo foggiano in pani molto impuri, sicchè per diversi usi industriali deve essere raffinato per mezzo della distillazione e sublimazione. Quest'operazione iniziata su vasta scala da *Michel* a Marsiglia nel 1805, andò man mano perfezionandosi coi forni *Lamy* proposti nel 1844, le cui storte vennero più tardi migliorate dal *Dujardin* in modo di ridurre la perdita a solo 2 ½ % di solfo, colla massima economia di combustibile. Mentre la raffina-

zione si faceva una volta quasi esclusivamente a Marsiglia e poi in parte ad Anversa, oggi si fa anche in Germania e l'Italia nel 1903 ne raffinava quasi 140.000 tonn.

Per combattere l'*oidium* in viticoltura si adopera, da parecchi anni, molto solfo, che dapprima si mise in commercio semplicemente macinato: la maggior parte però andava perduto, perchè non restava aderente alle foglie delle viti; allora si preparò in polveri sempre più fini per mezzo di mulini speciali e di stacci finissimi, e finalmente si giunse alla ventilazione colla quale si ottiene una polvere così fine che aderisce pel 90 % alle foglie.

*
* *

I nove decimi della produzione mondiale del solfo sono dati dalla Sicilia, come si può dedurre dalla seguente statistica, alla quale sono aggiunti i prezzi di vendita che segnano i periodi di floridezza e di crisi di questa industria italiana:

PRODUZIONE MONDIALE NEL 1900		PRODUZIONE ANNUALE DELLA SICILIA		PREZZO PER TONN.
Sicilia	501 000 tonn.	1880	312.000 tonn.	Lire 100.—
Francia	11 500 »	1890	320.000 »	» 77.—
Giappone	14.200 »	1894	340.000 »	» 65.—
Spagna	6 500 »	1897	443.400 »	» 92.—
Russia	2 000 »	1903	522.000 »	» 96.—
America del Nord. . . .	2 000 »			
Austria e Germania . . .	2 000 »			
Vari altri paesi	1.000 »			

Ai prezzi bassisimi del 1893 e 1894 corrispondono i moti rivoluzionari e sanguinosi della fame in Sicilia, moti che dai ciechi politicanti e governanti vennero gratuitamente attribuiti ai sobillatori sovversivi!

La crisi fu superata coll'abolizione del dazio d'esportazione (3 milioni) e colla costituzione della società Anglo-Siciliana che regolò la produzione e i prezzi. Questi salirono del 35 %, mentre i salari degli operai rimasero stazionari e solo dopo gli scioperi del 1903 furono rialzati del 5 %.

Dal 1903 però sulla Sicilia sovrasta un pericolo grave che potrà portare fra pochi anni profondi turbamenti all'industria del solfo. Nel Nord America infatti. e più specialmente nella Luisiana, da alcuni anni si sta studiando un processo per estrarre il solfo dagli importanti depositi che si trovano a grande profondità dal suolo. Recentemente l'ing. *Frasch* è riuscito, con un metodo ingegnoso, ad estrarre immense quantità di solfo colla minima spesa. Con questo suo sistema si infiggono dei tubi concentrici nel terreno sino ad arrivare allo strato di solfo; poi facendo giungere una corrente di acqua surriscaldata e compressa, si fonde il solfo e lo si innalza sin quasi alla superficie ove, emulsionato con aria calda mediante appositi iniettori, giunge, in colonna più leggera, sino ai serbatoi. Sembra che nel 1904 si siano estratte in questo modo oltre 150.000 tonn. di solfo, e al principio del 1905 si raggiunse la cifra di 1000 tonn. al giorno, minacciando così di coprire completamente il consumo americano che prima era tutto di solfo siciliano (156.000 tonn., nel 1903) e di invadere in seguito anche il mercato europeo a prezzi molto

bassi. — Non sono prevedibili le conseguenze di un simile stato di cose e nell'Agosto del 1905 furono intavolate a Parigi delle trattative fra l'*Ing. Frasch* e la società Anglo-Siciliana per venire ad un accordo sul miglior modo di regolare la produzione ed i prezzi del solfo sul mercato mondiale, col minor danno possibile dei produttori.

Una volta fu la pirite che spostò il solfo dai principali usi industriali, ora non è improbabile che a sua volta il solfo sposti la pirite dopo 50 anni di predominio incontrastato.

Un altro pericolo, non ancora imminente per l'industria siciliana, si deve intravvedere nella ricuperazione del solfo nelle fabbriche di soda e in quelle di gas illuminante. Attualmente si ricuperano già in questo modo in Europa oltre 80.000 tonn. di solfo, ma se ne potrebbe facilmente ricavare il doppio.

La Sicilia troverà la sua salvezza soltanto a condizione di abbandonare i vecchi sistemi di produzione e creando una vera industria moderna secondo i dettami della scienza e dell'esperienza, e semplificando la scala gerarchica e parassitaria, che divide l'operaio produttore dal grande consumatore.

7) L'Industria delle basse temperature: gas compressi, e gas liquefatti.

È un'industria nuova e se anche le sue basi teoriche si debbono rintracciare negli studi e nelle esperienze memorabili del *Faraday* prima (1823-1845) e del *Thilorier* e del *Natterer* poi (1835 e 1852), tuttavia la sua esplicazione pratica e generale non poteva verificarsi che dopo la scoperta dell' *Andrews* (1869) della legge delle temperature e pressioni critiche dei gas.

La prima macchina Linde introdotta in Italia nel 1900 dalla Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri di Milano. È fatta funzionare con un motore di tre cavalli e può dare circa un litro di aria liquida all'ora.

Per ogni gas esiste una temperatura al disopra della quale non si può ottenere la liquefazione neanche colle più potenti pressioni. E allora si spiega come il Faraday ed il Natterer che erano riusciti a liquefare diversi gas (anidride carbonica, cloro, acido solforico, solforoso, cloridrico, ecc.), con pressioni relativamente piccole, — perchè la loro temperatura critica era relativamente alta, cioè al disopra della temperatura ordinaria, — non riuscissero invece a liquefare i così detti gas permanenti (aria, idrogeno, ossido di carbonio, metano e ossido d'azoto) perchè la loro temperatura critica era molto bassa, cioè da 118° a 220° sotto zero.

La parte tecnica e storica di questa importante conquista della scienza del secolo XIX non occorre ricordarla, perchè fu già magistralmente trattata dal *prof. Grassi* in altra parte di quest'opera (1), con quella chiarezza e quello scrupolo che contraddistinguono il matematico divenuto fisico, distinto e pregiato volgarizzatore dei più difficili capitoli della fisica moderna.

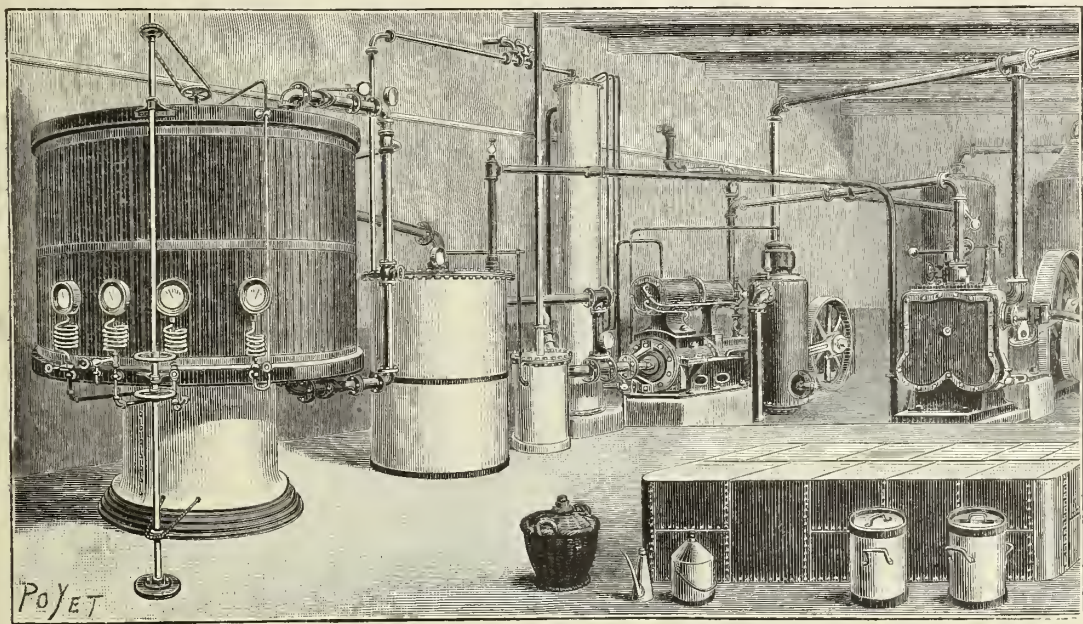
Dirò invece in poche parole dell' importanza pratica di quest'industria. Se nel laboratorio può essere sommamente interessante l'ottenere temperature molto basse, più basse dei 200° e dei 250° sotto sero, nella pratica quotidiana ed industriale esse non giovano a nulla. Alcuni anni addietro si nutrirono grandi speranze sulle possibili applicazioni dell'aria liquida, ma la fantasia lavorò più che la realtà, e tutti i sogni di quei giorni — quando il Dr. *Linde*, colla sua macchina ingegnosa era riuscito a preparare aria liquida a volontà, — sono ormai svaniti. L' aria pura e ristoratrice del Monte Rosa e delle Alpi converrà per molti anni ancora andar a respirarla ove essa si trova, invece di portarla liquefatta in bottiglie nelle nostre città e nei nostri appartamenti. Così pure i refrigeri durante la canicola estiva, dovremo chiederli a sostanze ben più economiche e più efficaci dell'aria liquida. Di questa, sembra che tre sole siano le applicazioni che abbiano oggi una certa probabilità di successo: Una per ottenere nei laboratori delle basse temperature; la seconda per preparare con carbone ed altre sostanze organiche, una buona materia esplosiva che diede già ottimi risultati in alcune prove fatte all'inizio dei lavori di perforazione del Sempione; la terza per produrre ossigeno a buon mercato. Infatti in America nel 1902 si costituì la *U. S. Atmospheric Oxygen C.ie* con un capitale di L. 2.500.000 per la produzione di ossigeno mediante la parziale evaporazione dell'aria liquida. Ottenuto in questo modo, l'ossigeno costa circa 15 centesimi al metro cubo e vien messo in commercio fortemente compresso (sino a 100 atmosfere) in robusti cilindri d'acciaio, come quelli dell'acido carbonico liquido. Il *Pictet* perfezionava recentemente le macchine per la produzione dell'aria liquida, ricuperando il lavoro consumato nella liquefazione, mediante la razionale distillazione frazionata dell'aria liquida in una specie di colonna *Savalle*. Ottenne così dell'ossigeno a un prezzo eccezionalmente basso, che secondo il *Pictet* (conferenza tenuta a Milano nell'ottobre 1905), s'aggira intorno a 1 centesimo per $m.^3$ e dovrebbe permettere una larga applicazione all'illuminazione a gas, producendo una luce vivissima ed economica. In Inghilterra ed in Germania pare funzionino già due grandi fabbriche di ossigeno col sistema *Pictet*.

Il gas liquefatto, che primo ebbe applicazioni pratiche ed ancor oggi si usa più abbondantemente in svariate industrie, è l'*anidride carbonica*, (comunemente chiamata *acido carbonico*). Il *Natterer* destò l'ammirazione degli scienziati quando, nel 1844, riescì a preparare in una sol volta 300 gr. di anidride carbonica liquida, e il suo maestro ripetendo l'esperienza nello stesso anno ottenne, per rapida evaporazione di questo liquido « *una massa bianca, abbagliante come la neve più pura, appena caduta* ». Era l'anidride carbonica solida. Per molti anni questa preparazione non uscì dai laboratori scientifici e rimase fra le più interessanti esperienze nei corsi di chimica e fisica universitari.

(1) *F. Grassi*: La fisica e l'elettrotecnica nel secolo XIX pag. 171 e 233.

Sin dai tempi più remoti si conoscevano delle sorgenti naturali abbondantissime di acido carbonico puro: quella di Sondra in Turingia fornisce più di 1000 m.³ all'ora di questo gas al 99 % di purezza: i gas della Grotta del Cane a Pozzuoli contengono 61-71 % di anidride carbonica, 6 % di ossigeno e 25 % di azoto. Per molti secoli questi gas rimasero inutilizzati; solo nel 1821 si cominciarono a nutrire delle speranze in un miglior avvenire, quando il Dr. *Struve* a Dresda dimostrò l'importanza dell'anidride carbonica nella fabbricazione delle acque minerali artificiali, perchè con essa era possibile mantenere in soluzione dei sali che altrimenti sarebbero stati poco o affatto insolubili, e diveniva altresì possibile conservare a lungo inalterate queste bibite.

L'uso dell'anidride carbonica per questi casi era però alquanto complicato e non si estese molto; sino al 1880 si può dire che l'industria di questo gas rimase rachitica e bambina. Si era da tempo intuito che potendo metter in commercio dell'acido carbonico liquido a buon mercato, l'industria avrebbe potuto fiorire, ma le difficoltà da superarsi erano numerose e non solo di ordine meccanico.

Senonchè nel 1878 per un caso fortuito ebbe origine la grande industria dell'acido carbonico liquido. In quell'anno si affondava la nave da guerra tedesca « Grosser Kurfürst » (Grande Elettore) e si discuteva ovunque sui mezzi più pratici per rimetterla a galla, quando il Dr. *Raydt* propose di utilizzare a tale scopo la pressione esercitata dall'acido carbonico liquido, gon-

Apparato Ostergren e Burger per la produzione industriale di aria liquida.

fiando sott'acqua parecchi palloni legati alla nave ed uniti ad apparecchi contenenti acido carbonico liquido. La spinta dei palloni così gonfiati doveva trasportare la nave alla superficie.

Si avevano però in quell'epoca ancora grandi difficoltà per preparare di questo gas liquefatto in forti quantità; la pompa di Natterer era insufficiente e però nell'estate del 1879 mediante un apposito compressore, si potè riempire sotto forte pressione (60 atmosf.), un grande recipiente di acciaio da

50 litri, con acido carbonico liquido. Il ministero della marina concesse allora di fare una piccola prova nel bacino imperale di carenaggio di Kiel per sollevare un macigno per ancore del peso di oltre 150 quintali.

Il 28 Agosto 1879 in meno di 8 minuti, dall'inizio del gonfiamento del pallone sott'acqua, quel grande peso era portato alla superficie.

Per la prima volta l'acido carbonico liquido usciva dal laboratorio scienifico per entrare nella grande applicazione industriale. Subito il Krupp l'utilizzò nella sua celebre fabbrica di cannoni, costruendo dei compressori più potenti che davano sino 30 kg. di acido carbonico liquido all'ora: utilizzò il forte raffreddamento (sino 65 ° sotto zero) prodotto dall'evaporazione del gas liquefatto per smontare gli anelli dei fusti di cannone.

Nella fabbricazione, questi anelli venivano arroventati e poi fissati al fusto mediante il raffreddamento. Volendo in seguito levarli, si riscaldava tutto il fusto del cannone cerchiato e poi facendo entrare un getto di acido carbonico liquido nell'anima, il fusto del cannone si raffreddava nell'interno, restringendosi, mentre gli anelli ancor caldi si staccavano e potevano essere levati. Questo procedimento potè servire per indurire il metallo bianco e l'acciaio e per ottenere dei grandi getti fusi senza soffiature, facendo arrivare sui blocchi ancor roventi e chiusi in forti stampi, dell'acido carbonico liquido; questo già alla temperatura di 200° produce una pressione di 2000 atmosfere e il getto solidificato risulta senza difetti.

La sola casa Krupp di Essen consuma oggi per tali scopi circa 100 kg. di anidride carbonica liquida all'ora

L'industria delle acque minerali artificiali potè prendere un grande ed insperato sviluppo solo dopo il 1880, quando cioè la liquefazione dell'anidride carbonica si potè fare economicamente su scala industriale. E da allora le sorgenti naturali di questo gas, per quanto abbondanti, non bastarono più ai nuovi bisogni. Si dovrebbe preparare chimicamente del gas puro decomponendo il carbonato di calcio col calore o cogli acidi, o utilizzando il gas della combustione del carbone facendolo gorgogliare in soluzioni di carbonato sodico per separare l'acido carbonico dall'aria, alla quale si trova mescolato fissandolo sotto forma di bicarbonato, dal quale si ottiene anidride carbonica purissima per semplice riscaldamento.

Nelle fabbriche di birra si comincia ad utilizzare l'acido carbonico che si sviluppa abbondante nei tini di fermentazione.

Enormi quantità di acido carbonico liquido si usano oggi nelle birrerie per saturare, travasare e conservare la birra. In molte fabbriche di ghiaccio si adopera l'acido carbonico liquido per la congelazione dell'acqua, utilizzando il freddo che si produce per la rapida evaporazione.

L'acido carbonico liquido come vari altri gas fortemente compressi (ossigeno, idrogeno, ecc.), si conserva e si spedisce in cilindri o bombe d'acciaio di capacità varia, da 8 a 30 kg. La sola compagnia *La Carbonique Lyonnaise* possiede 13.000 grandi cilindri d'acciaio per acido carbonico liquido.

Per evitare poi la spesa di trasporto dei costosi e pesanti cilindri metallici, si tentò in Inghilterra di preparare acido carbonico solido, lasciando evaporare rapidamente quello liquido attraverso un sacco di tessuto fitto,

che trattiene l'abbondante massa nivea formatasi. Questo prodotto compresso in pani e avvolto in fogli di carta, si può senz'altro spedire per ferrovia senza gran perdita, come si fa pei blocchi di ghiaccio.

Il prezzo dell'acido carbonico liquido che verso il 1880 superava le due lire al kg., discese rapidamente coll'aumentare del consumo, e oggi costa meno di 40 centesimi.

La produzione in Germania nel 1891 era di due milioni di kg., in 23 fabbriche, nel 1900 le fabbriche erano 60 e la produzione salì a 14 milioni di kg. La Francia nel 1900 produceva 8 milioni di kg. e l'Italia nel 1903, raggiunse 183000 kg. e ne importò solo 4000. La produzione mondiale nel 1903 salì a 35 milioni di kg. ottenuti in 120 fabbriche.

Dopo l'acido carbonico, che è praticamente il più importante di tutti i gas compressi, non possiamo fare a meno di ricordarne qualche altro che in questi ultimi anni ha acquistato importanza per l'industria chimica ed il cui consumo aumenta di giorno in giorno.

Parlammo già della preparazione dell'*ossigeno* mediante l'aria liquida, ma notevoli quantità si fabbricano ancora col processo *Brin* utilizzando la meravigliosa proprietà scoperta da *Boussingault* sino dal 1860, posseduta dall'ossido di bario, di fissare l'ossigeno dell'aria alla temperatura di 500° e di cederlo puro alla temperatura di 800° per fissarne nuovamente dell'altro quando la temperatura s'abbassa a 500°.

La fiamma ossidrica fonde una lastrina d'acciaio producendo una pioggia di scintille di ferro fuso.

E più economicamente ancora si ottiene ossigeno e anche idrogeno decomponendo elettroliticamente l'acqua in apparati svariatissimi. Fra i più ingegnosi e vantaggiosi, ricordiamo l'apparato dei *Fratelli Garuti* che funzionò per la prima volta a Milano nel 1890 e fu poi applicato in diversi stabilimenti all'estero.

Tanto l'*idrogeno* quanto l'*ossigeno* si mettono in commercio fortemente compressi a 100-300 atmosfere in robusti cilindri d'acciaio, simili a quelli impiegati per l'acido carbonico liquido. L'idrogeno serve per riempire i palloni aereostatici perchè è il gas più leggero e pesa 14 volte meno dell'aria, può quindi innalzare un peso di almeno 1 kg. per ogni m.^{3} Si usa molto nella saldatura autogena dei metalli (platino, ferro, piombo, ecc.) perchè bruciando nella fiamma del *cannello ossidrico* può produrre delle temperature superiori a 2000°. La potenza calorifica del *gas d'acqua* e del gas illuminante è in gran parte dovuta all'idrogeno che contengono, perchè 1 kg. d'idrogeno bruciando sviluppa circa 34.000 calorie.

L'ossigeno serve, in unione coll'idrogeno, per ottenere alte temperature

nel cannello ossidrico, e per purificare diversi prodotti chimici (alcool, olii, rigenerazione della massa purificante del gas-luce). In grandi quantità si usa in medicina, ed è impiegato altresì per i palombari e gli aereonauti, per facilitare la respirazione. A Londra nel 1897 sorse, per iniziativa privata, un ospedale dove si curavano molte malattie solo con ossigeno.

Nella *sbianca* delle fibre vegetali ed animali (paglia, cotone, lana e seta) si usufruisce della grande potenza di reazione che ha l'ossigeno — non quello compresso di cui parlammo più sopra —, ma quello allo stato nativo, cioè che reagisce nelle fibre nell' istante di sua formazione. A tal uopo si usa l'*acqua ossigenata*, il *perossido di sodio* o di *bario*, che disciolti o sospesi in acqua in presenza del tessuto o del filato da imbiancare, sviluppano lentamente l'ossigeno attivo che dà alle fibre animali l'aspetto candido che è impossibile ottenere con altri processi di sbianca.

*
* *

Un altro gas che si mette oggi in commercio compresso e liquefatto è l' *anidride solforosa*, che si ottiene bruciando il solfo o i solfuri metallici all'aria. Già come tale ha svariatissimi usi e noi ricordammo l' importante consumo nella fabbricazione dell'acido solforico (pag. 51).

Ma l'anidride solforosa liquefatta si presta benissimo alla fabbricazione del ghiaccio artificiale nelle macchine *Pictet*, che utilizzano il forte raffreddamento prodotto dall'evaporazione di quel gas liquefatto. Da qualche anno si spera debba rendere anche grandi servigi nell' utilizzazione del vapore di scappamento delle grandi macchine a vapore, perchè, secondo il brevetto *Behrend* e *Zimmermann*, il calore di quel vapore può gasificare molta anidride solforosa liquida, producendo una forte pressione, che viene utilizzata a far funzionare un altro motore supplementare. Il gas solforoso viene poi nuovamente raffreddato e facilmente liquefatto.

Anche le fabbriche di cellulosa e gli stabilimenti di sbianca cominciano ad usare l'anidride solforosa liquida, e alquanto se ne impiega per conservare le sostanze alimentari e le bevande.

*
* *

Da qualche anno ha avuto applicazione nella grande industria chimica un altro gas liquefatto: il *cloro*, che allo stato di gas è assai molesto e difficile a manipolare, perchè corrode con grande facilità tutti i metalli, mentre con gran meraviglia si constatò che allo stato liquido e secco, è quasi indifferente e non intacca neanche il bronzo.

Il cloro liquido si prepara in notevole quantità dalla *Badische Aniline und Soda-Fabrik* che ne usa più di 1 milione di kg. per la sintesi dell'indaco e ne manda molto a Stassfurt ove serve per liberare il bromo e l'iodio dalle acque madri dei sali potassici, che sono ricche di bromuri e ioduri. Anche qui abbiamo un altro esempio, come si possa dalla teoria più astratta passare all'applicazione industriale più profittevole: infatti la teoria ci diceva che il peso atomico degli alogeni cresce dal cloro (35.5) verso il bromo (80) e più ancora verso l'iodio (127), e invece l'affinità di questi elementi pei metalli

(nella formazione dei sali) diminuisce coll' aumentare del peso atomico. Se quindi nella soluzione p. es. di bromuro o ioduro potassico si fa gorgogliare del cloro, questo mette in libertà il bromo o l'iodio per combinarsi col potassio; è precisamente questo processo che viene ora applicato a Stassfurt per preparare ogni anno 500.000 kg. di bromo (nel 1865 se ne producevano solo 300 kg. e i testi di chimica del 1837 (1) dicevano che il bromo non aveva alcuna applicazione pratica!).

*
* *

Un altro gas che venne liquefatto ancora ai tempi di Faraday, l'*ammoniaca,* ha acquistato grandissima importanza solo nell'ultimo quarto del secolo scorso, specialmente per la fabbricazione del ghiaccio artificiale.

L'ammoniaca si ricava oggi quasi esclusivamente dalle acque che servono a lavare il gas illuminante e che una volta andavano quasi completamente perdute. Per molti usi industriali la si mette in commercio in soluzione acquosa concentrata, ma per la fabbricazione del ghiaccio non deve contenere acqua, perché si ottiene il massimo assorbimento di calore (raffreddamento) quanto più basso è il punto di ebollizione del liquido congelante. Se si provoca l'evaporazione rapida di questi liquidi (etere, ammoniaca pura, anidride solforosa od anidride carbonica), senza aggiunta di calore esterno (p. es. diminuendo la pressione), allora il calore per l'evaporazione viene assorbito o sottratto dall'ambiente circostante; se quest'ultimo è costituito da acqua, essa si trasforma in ghiaccio. È ben noto il piccolo apparato costruito dal *Carrè*, prima del 1860, col quale si utilizzava per la prima volta il basso punto di evaporazione dell' ammoniaca pura liquida e la sua facile solubilità in acqua, per preparare del ghiaccio artificiale. La sua prima macchina intermittente divenne a lavoro continuo nel 1862, con notevole aumento nella potenza produttiva; e i successivi perfezionamenti le permisero di introdursi nelle piccole e grandi industrie che abbisognavano di ghiaccio. Oggi però sono maggiormente diffuse le macchine a compressione ideate dal *Prof. Linde*, nelle quali l'ammoniaca evaporata, invece di condensarsi mediante l'assorbimento in acqua come si fa nelle macchine *Carré,* viene liquefatta con compressioni e poi nuovamente lasciata evaporare per produrre il freddo, quindi compressa ancora sino a liquefazione e così di seguito. La macchina Linde si presta bene per le piccole e per le grandi produzioni dai 50 ai 2000 kg. di ghiaccio all'ora e con una spesa relativamente bassa. Nelle grandi macchine infatti il costo di produzione del ghiaccio artificiale non supera i 40 centesimi al quintale.

*
* *

L'industria frigorifera ha oggi acquistato un'importanza veramente straordinaria e ad essa sono legate le sorti di numerose industrie; dalle fabbriche di birra a quelle di spirito, dalle fabbriche di cioccolatta a quelle di materie coloranti, dai caseifici ai zuccherifici, dalla conservazione delle frutta e delle

(1) *Padre Ott. Ferrario:* Corso di chimica generale: opera in dieci Volumi, Milano (1837-1846). — Vol II pag. 327 anno 1837.

uova al trasporto delle derrate alimentari a grande lontananza per ferrovia o per mare, nei mesi caldi e finalmente al consumo quotidiano in estate, nei caffè e negli ospedali.

Mercè l'uso delle macchine frigorifere sui bastimenti, l'Inghilterra potè importare nel 1900 i seguenti prodotti dalle più lontane regioni: 6.434.000 montoni congelati provenienti dall' Australia, N. Zelanda e America del Sud; 600.000 quintali di bue congelato e refrigerato dall'America e dall'Australia; 659.000 quintali di burro dall' Australia, N. Zelanda, S. U. d' America e Canadà; 167 milioni di uova dal Marocco, Egitto, Stati Uniti d' America e Russia; a ciò si aggiungano enormi quantità di frutta fresca, salmone, selvaggina, ecc.

8) Acqua potabile, industriale, minerale, di rifiuto, ecc.

Gli antichi Romani avevano già riconosciuta la grande importanza della fornitura di buona acqua alle popolazioni, e ancor oggi abbiamo in Roma quattro dei numerosi acquedotti romani, che fornirono acqua abbondante e pura alle popolazioni agglomerate nella grande città.

Se nel Medio evo la fornitura d' acqua venne fatta con principii poco razionali, perchè i pozzi scavati in ogni abitazione non potevano fornire in modo continuativo acqua buona, nel secolo XIX coll'incremento straordinario nell'aumento delle popolazioni nei grandi centri, e colla facile trasmissione delle epidemie, la questione dell'acqua potabile è assurta ad importanza sociale di primo ordine.

Nell'ultima metà dello scorso secolo venne dimostrato in modo sicuro che parecchie malattie, colera, tifo, dissenteria, ecc., vengono propagate generalmente dall'acqua inquinata e allora si ricorse di nuovo agli acquedotti per portare a grande distanza, nelle città, l' acqua pura dei monti e delle sorgenti.

Si estese anche l' uso dell' acqua del sottosuolo estratta sotto gli strati impermeabili per mezzo di pozzi perforati, come già avevano fatto i cinesi antichi coi pozzi che poi più tardi vennero chiamati *artesiani*.

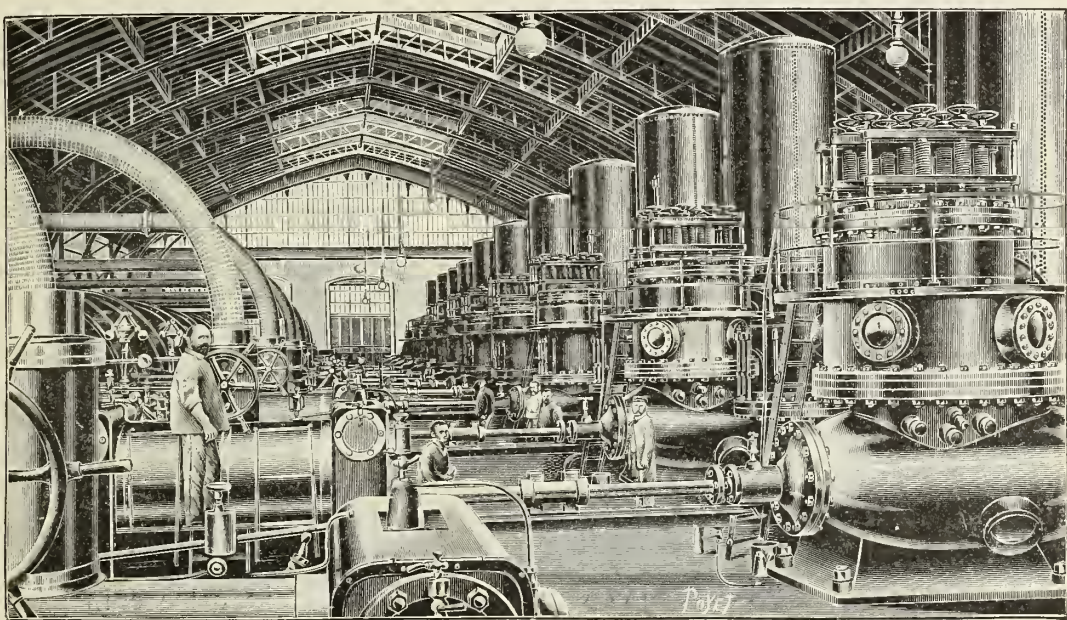
Man mano che nei centri abitati si introduceva l'acqua potabile, diminuivano o scomparivano per incanto le infezioni di tifo e dissenteria. Però non sempre e non a tutti è possibile procurarsi acqua veramente potabile in causa della mancanza di buoni strati acquiferi nel sottosuolo o per l'eccessiva lontananza dai monti e dalle sorgenti; e la chimica sino a pochi anni addietro non era riuscita a trovare una soluzione a questo stato di cose, perchè l'aggiunta di reagenti chimici alle acque, per sterilizzarle, non risolveva il problema, anzi rendeva le acque inadatte all'uso di bevanda. Da qualche anno però le cose son cambiate e tutto fa sperare che in un prossimo avvenire le popolazioni potranno essere largamente fornite di acqua potabile.

In molte città si son fatti grandi impianti in questi ultimi anni per ottenere acqua buona dai fiumi e dai laghi mediante filtrazione attraverso forti strati di sabbia e di carbone, e generalmente si è riusciti ad ottenere buona acqua potabile. Impianti imponenti di questo genere si hanno a Zurigo,

Lione, Londra, Trieste, ecc., e però se l'acqua risulta realmente migliorata per la notevole diminuzione dei bacteri che si riscontrano nell'acqua dopo la filtrazione (l'acqua del lago di Zurigo contiene da 60 a 2000 bacteri prima della filtrazione e da 1 a 30 dopo filtrazione), non è però esclusa la possibilità, che in tempo di epidemie, tutti i bacteri patogeni non vengano trattenuti dai filtri, e quindi se questo procedimento può bastare in tempi normali per ottenere acqua potabile a buon mercato, non può disperd ere e preoccupazioni in tempi eccezionali di infezione diffusa.

Era quindi sentito vivamente il bisogno di un processo che tranquillizzasse le popolazioni sopra l'immunità costante da epidemie, quando queste dipendessero da inquinazione dell'acqua.

E bisognava pensare a dei processi pratici, alla portata dei piccoli come dei grandi centri e quindi anche molto economici. Tutti i processi chimici tentati avevan fallito, perchè qualsiasi aggiunta alterava la composizione dell'acqua, e per rendere efficace l'azione microbicida dei reagenti chimici, si rendeva poi pericoloso per la salute l'uso continuato di quell'acqua.

Era impossibile pensare alla bollitura per ottenere la sterilizzazione, se non in casi speciali e limitati all'uso per poche persone in causa del costo elevato e dell'alterazione del gusto dell'acqua riscaldata. Ben più pratico e

Officine Colombe per depurare l'acqua della Senna.

razionale si dimostra invece il processo proposto dal dott. *Ohmüller*, nel 1891, di sterilizzare l'acqua con *ozono*.

Egli aveva dimostrato che nessun bacterio patogeno, specialmente se diluito con acqua, resiste all'azione di una corrente d'aria anche leggermente ozonizzata. Non si conoscevano però sino ad allora dei processi pratici per produrre notevoli quantità di ozono, e per vari anni i brevetti di sempre nuovi apparati, più o meno soddisfacenti, si succedettero incessantemente. I perfezionamenti apportati agli ozonizzatori da *Fröhlich*, *Tindall*, *Andreoli*,

Yarnold, Otto, Abram e *Marmier Elworthy*, e specialmente dalla nota casa elettrica Siemens-Halske di Berlino contribuirono notevolmente alla rapida soluzione del problema.

L'ozono non è altro che ossigeno polimerizzato e facilmente si scompone in ossigeno ordinario. Facendo quindi passare una corrente di ozono o di aria ozonizzata a traverso all'acqua, questa si sterilizzerà e l'ozono non lascerà altra traccia di sè, perchè dopo pochi minuti si sarà spontaneamente e completamente decomposto, sviluppandosi sotto forma di ossigeno.

Nel 1898 a Lilla si fecero le prime prove, su vasta scala, di sterilizzazione di acqua coll'ozono ed i risultati furono soddisfacenti. Nel 1900 si ebbe risultato egualmente favorevole in una prova stabilita a *Martinickenfeld*, presso Berlino, sterilizzando 10 m^3. di acqua all'ora, espressamente inquinata con acqua lurida della Sprea che conteneva sino 600.000 bacteri per cm^3. Il Prof. *Proskauer* e il Dott. *Schüder* dell'Istituto Koch di Berlino fecero anche delle seminagioni di microbi di colera e di tifo e dopo l'azione dell'ozono non fu più possibile rintracciare la loro presenza, neanche colle più rigorose ricerche.

Nel 1902 la casa Siemens-Halske fece un' importante installazione a Wiesbaden per trattare coll'ozono 250 mc. di acqua all'ora, e alla fine dello stesso anno la medesima società faceva un impianto a Paderborn per fornire acqua ozonizzata a tutta la popolazione (60.000 abitanti).

In questa città dove prima ogni anno il tifo menava strage, ora è scomparsa completamente questa epidemia.

L'acqua ozonizzata viene a costare meno di 20 centesimi al m^3. per i piccoli impianti, e meno di 5 centesimi per i grandi impianti; può quindi prestarsi vantaggiosamente per fornire acqua ad intere popolazioni.

*
* *

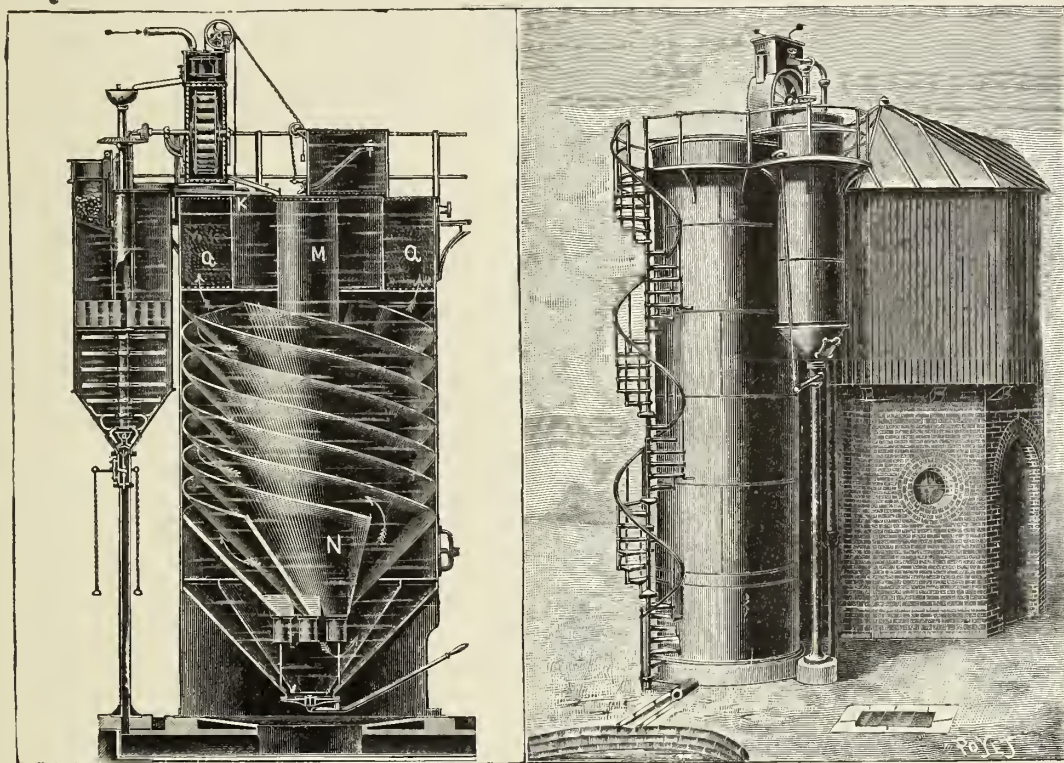
Se la soluzione del problema dell'acqua potabile si ebbe solo in questi ultimi tempi, da molti anni invece la chimica aveva arrecato notevoli benefici a molte industrie migliorando l'acqua ad esse necessaria con dei processi semplici ed economici. Ogni industria ha delle esigenze speciali riguardo alla propria acqua, anzi dalla natura di questa dipende talvolta la sorte dell'industria. La chimica venne in aiuto ad esse, correggendo, modificando, migliorandone la composizione per soddisfare ora ai bisogni delle fabbriche di birra — che richiedono acqua con media ricchezza in calce e magnesia, con poca o nessuna sostanza organica in decomposizione — ora alle esigenze delle tintorie, lavanderie e per le caldaie a vapore — che esigono acqua il meno dura possibile — ora a quelle delle fabbriche di carta — per le quali nuoce il ferro e l'eccesso di calce e magnesia, e così via.

L'aggiunta di calce, in quantità calcolata, elimina i bicarbonati solubili trasformandoli in carbonati insolubili; la soda scompone i solfati di calcio e magnesio, separando dei carbonati insolubili; l'aereazione dell'acqua in presenza di idrato di ferro (che agisce come catalizzatore) serve a separare il ferro nelle acque ferruginose e a diminuire il contenuto in sostanze organiche, ecc.

Per le grandi industrie, dove si consumano grandi quantità di acqua depurata, si costruirono degli apparati a funzionamento automatico e continuo, che correggono esattamente l'acqua quando è stata regolata una volta per sempre l'immissione dei reagenti.

Se ne hanno di tutte le forme e di tutte le portate da 10 a 100 e anche a 200 m³. e più di acqua al giorno. Oggi non si ha che l'imbarazzo nella scelta, perchè quasi tutti funzionano bene.

*
* *

Nel secolo XIX l' umanità intera risentì immensi vantaggi anche dai grandi progressi dell'igiene, mercè i quali fu possibile un notevole aumento della popolazione quasi dovunque e si riuscì a prolungare la vita media dell' uomo ad onta che la sua esistenza, per mille nuove circostanze, fosse minata o minacciata in modo ben più grave che pel passato. Nei centri popolosi come in tutte le plaghe industriali, non bastava il fornire acqua

Apparato *Desrumeau* per deindurire le acque troppo dure per uso industriale. La freccia in alto indica il punto d'arrivo dell'acqua dura che passa nel gran tubo verticale *M*, dove arriva pure la soluzione di soda dal piccolo serbatoio superiore e l'acqna di calce dal serbatoio laterale. Questa mescolanza arrivata nella parte inferiore del tubo *M* comincia a risalire lentamente lungo tutte lamiere di ferro *N* sviluppantesi a chiocciola. Il carbonato di calcio insolubile formatosi tende pel proprio peso a raccogliersi in basso, mentre l'acqua arriva in alto quasi limpida e passando attraverso il filtro *Q* formato da riccioli di legno, ne esce limpida e purificata.

buona, perchè non meno importante era il problema di eliminare e rendere inocue le acque sporche o luride di rifiuto delle abitazioni e degli stabilimenti. Fu sovente necessaria la imposizione della legge per costringere gli interessati a correggere le acque di rifiuto, ma il progredire della civiltà influì più di ogni altra cosa sulla soluzione di questo importante problema d'igiene sociale.

Per risanare le città si cominciò man mano a costruire delle grandi e costosissime opere di fognatura, ma ben presto queste si dimostrarono incomplete, perchè l'acqua delle fogne andava poi ad inquinare i corsi d'acqua e portava le infezioni anche a grande distanza. D'altra parte le acque di rifiuto di molti stabilimenti se venivano scaricate nei corsi d'acqua, li inquinavano rendendoli inadatti alla stessa abbeverazione degli animali e causando sovente la morte del pesce; che se poi la legislazione impediva queste immissioni d'acque nocive nei fiumi e gli industriali, per sbarazzarsene con meno fatica e meno spesa, le lasciavano accumulare in grandi fosse, perchè lentamente s'infiltrassero nel terreno, allora in breve tempo tutti i pozzi del vicinato restavano inquinati e l'acqua non era più bevibile. In questo ultimo quarto di secolo un controllo rigoroso e una legislazione severa hanno costretto in tutte le nazioni civili i singoli industriali a purificare con processi adeguati le proprie acque di rifiuto; e questi processi sono svariati perchè svariatissima è la natura di quelle acque: chi li corregge con aggiunta di calce, chi con vitriolo di ferro, chi le neutralizza con acidi o con alcali, chi le filtra, chi le scolora, chi le evapora, ecc. Ormai è dimostrato che con della buona volontà e con un po' di sacrificio pecuniario si può preservare la salute del vicinato ed anche quella dei benefici abitanti dei fiumi, dei pesci cioè, che formano sovente l'alimento più economico di intere popolazioni.

Non così facile era invece il provvedere alla purificazione delle immense quantità d'acqua che si accumulano nelle fogne delle popolose città. Basti il pensare che Parigi produce giornalmente oltre 1 milione di m^3. di acqua cloacale giornaliera, che non deve essere immessa nei corsi d'acqua se non dopo aver subito una data purificazione; Londra separa settimanalmente da 80 a 100 tonn. di detriti grossolani e corpi galleggianti dalle proprie acque di fogna, e così Milano e tutte le città importanti devono in qualche modo pensare a purificare le proprie acque di fogna.

Già prima della metà del secolo XIX si erano fatte esperienze per rendere pure per via chimica o con processi meccanici, le acque luride, ma non si venne a risultati soddisfacenti per la pratica. Solo nell'ultimo quarto di secolo cominciarono ad accumularsi i risultati favorevoli ottenuti a Parigi e poi a Berlino con un sistema di purificazione semplice e molto economico: l'acqua di fogna viene distribuita sopra immense superfici di terreno coltivato, oppure semplicemente arato, che trattiene i principî fertilizzanti, e l'acqua raccolta a pochi metri di profondità in numerosi tubi di drenaggio è limpida e relativamente pura. La città di Berlino ha destinato a questo scopo 9000 ettari di terreno, e Parigi una quantità minore, ma sottoposta ad un lavoro più intenso in modo da far passare oltre 40.000 m^3. di acqua all'anno sopra ogni Ea. di terreno. Però per impedire una saturazione od una ostruzione del terreno, la irrigazione viene interrotta durante 12 ore su 24 e per qualche giorno nella settimana, per dar campo ai fenomeni chimico-biologici di compiersi più rapidamente, perchè è appunto da questi fenomeni — ai quali prendono viva parte non solo i processi chimici e meccanici, ma più specialmente i bacteri aerobici — che dipende la buona purificazione delle acque luride. L'acqua dell'attuale incompleta fognatura di Milano (corrispondente

a solo 150.000 abitanti) viene usufruita per irrigare circa 2800 Ea. di terreno dei quali 2000 sono coltivati a marcita ove si fanno sino 8 e 9 tagli d'erba all'anno. L'acqua dei canali che raccoglie lo scarico delle fogne di Milano contiene da 11 a 31 milioni di bacteri per centimetro cubo (contati al 4.° giorno di coltura) e dopo esser passata sopra quelle marcite, oltre al notevole miglioramento nella composizione chimica, il numero dei bacteri è ridotto alla centesima ed anche alla millesima parte. In queste condizioni l'acqua può essere immessa in qualunque corso d'acqua, senza alcun inconveniente per gli abitanti e neanche per i pesci.

*
* *

Un nuovo processo detto *biologico*, che va estendendosi in questi ultimi tempi, non è altro che un perfezionamento di quello ora descritto, e la decomposizione delle sostanze inquinanti vien fatta progressivamente affidandola in diversi momenti a varie specie di microorganismi che si suddividono così meravigliosamente il loro compito depuratore. Le acque luride, dalle quali si separano appena i materiali galleggianti più grossolani, giungono da prima in una serie di vasche coperte nelle quali avviene una viva fermentazione provocata da vari bacteri anerobi, alcuni dei quali hanno una vera azione fluidificante sulle materie solide, sospese nell'acqua. Le acque sono ora adatte a subire la seconda trasformazione, quella cioè della ulteriore decomposizione delle sostanze organiche disciolte, sino a trasformarle in anidride carbonica, idrogeno e metano, ecc., mercè l'azione dei microorganismi aerobici. Questa seconda fase della purificazione si produce nei così detti letti bacterici aerobici, formati da vasche ripiene di materiali porosi (calcare, scorie, coke, ecc.) che si riempiono con acqua proveniente dalle vasche di fermentazione. Mentre una vasca è piena, quella adiacente si scarica dal liquido e si lascia il materiale poroso esposto all'aria per 6 ore in modo da ravvivare l'azione dei bacteri aerobici. Dopo ciò l'acqua della prima vasca si scarica, mentre della nuova acqua entra nella seconda e così per 6 ore il materiale poroso della prima resta esposto all'aria. In questo modo si può continuare a riempire alternativamente l'uno o l'altro di quei letti e la purificazione è sempre buona ed egualmente rapida. L'acqua così purificata risulta limpida, inodora, incolora e contiene minime quantità di sostanze organiche, di ammoniaca e di bacteri in confronto all'acqua non purificata.

Se poi si tiene presente che queste acque così purificate potrebbero, volendo, esser anche sottoposte all'azione dell'ozono in casi di epidemie, allora si vede bene come la scienza in genere e la chimica in modo speciale, abbiano grandemente contribuito a salvaguardare la pubblica incolumità, a condizione però che questi benefici studi e queste esperienze siano rapidamente tradotti in pratica e generale applicazione.

*
* *

Industria dei fiammiferi. — È un'industria essenzialmente chimica, figlia del secolo XIX, accompagnata oggi da un perfetto macchinario che la rende una delle più interessanti industrie moderne. La storia e il primo sviluppo

dell'industria dei fiammiferi è a tutti ormai noto senza che qui vi insistiamo in modo speciale. Nel 1805 si ebbero i primi fiammiferi fabbricati da *Chancel* a Parigi: essi erano formati da uno stecchetto di legno che ad una estremità era ricoperto da una miscela di zucchero e clorato potassico; toccando questa capocchia con dell'amianto imbevuto di acido solforico, si produceva l'accensione. Questi fiammiferi si usarono sino verso il 1840; apparvero poi dovunque i fiammiferi di legno che s'accendevano collo sfregamento. Questi eran stati scoperti verso il 1832, quasi contemporaneamente, dal chimico tedesco *Kammerer*, dal viennese *Preshel* e dal medico francese *Sauria*, al quale solo da pochi anni venne eretto un ricordo marmoreo a Saint-Lothaire, piccolo comune del Giura, suo paese nativo. I fiammiferi di legno avevano una capocchia formata da una miscela di clorato potassico e di trisolfuro d'antimonio tenuto aderente con una specie di gomma; l'accensione si produceva sfregandoli fra un foglio di carta vetrata piegato e stretto fra due dita. Da principio portarono il nome di *Congreve*, del generale d'artiglieria inglese, che sin dal principio del secolo aveva preparato le più svariate e sorprendenti *racchette*. per uso di guerra e per fuochi d'artificio. Verso il 1833, contemporaneamente in diverse nazioni, la scoperta di Sauria e di Kammerer si presentava in una forma pratica e comoda con dei fiammiferi di legno a base di fosforo giallo. Già nel 1816 il *Derosne* aveva tentato di preparare dei fiammiferi con fosforo giallo, ma non riuscì a renderli pratici. Solo più tardi noi li vediamo sotto forma di stecchetti sottili di legno ricoperti ad una estremità con solfo, che doveva servire a trasmettere al legno l'accensione della capocchia formata da una miscela di fosforo giallo e clorato potassico. I solfanelli divennero ben presto di uso comune in tutte le nazioni diffondendosi ovunque, usati da tutti, dal ricco al povero.

La miscela formante la capocchia dei solfanelli aveva però due gravi inconvenienti, che ben presto furono avvertiti anche dal pubblico, d'essere cioè pericolosamente esplosiva e velenosa.

Il *Preshel* cominciò nel 1837 a sostituire il clorato potassico con perossido di piombo bruno e poi con minio misto a biossido di manganese, ancor meno pericolosi; fu così eliminato uno degli inconvenienti, ma restava ancor sempre il pericolo del fosforo che già molte vittime aveva portato con sè negli avvelenamenti di bambini inconsapevoli del pericolo, e nella necrosi ossea che colpiva inesorabilmente gli operai che lavoravano col fosforo giallo. Fu solo nel 1848 che il Prof. *Böttger* di Francoforte s. M. preparò per la prima volta i cosidetti *fiammiferi di sicurezza* esenti da fosforo, la cui estremità è rivestita da una miscela ossidante (clorato bicromato potassico, solfo, gomma, ecc.) che si accende solo sfregandola contro una superficie spalmata di *fosforo rosso* (1) misto a solfuro d'antimonio e gomma. Questi fiammiferi si chiamano anche svedesi, perchè fu la Svezia che prima li fabbricò su vasta scala, imponendone il consumo per legge, in sostituzione dei fiammiferi con fosforo giallo. Dalla Svezia i fiammiferi di sicurezza vennero importati in tutte le nazioni, e in alcune di esse (America del Nord, Francia,

(1) Il fosforo rosso si ottiene scaldando a 300° il fosforo giallo, fuori dal contatto dell'aria. È insolubile in solfuro di carbonio, non s'accende collo sfregamento e non è affatto velenoso

Inghilterra, Svizzera ed ora anche in Germania) vennero anche imposti per legge con proibizione assoluta di adoperare quelli a base di fosforo giallo. Sino a pochi anni addietro i fiammiferi di sicurezza presentavano l'inconveniente di non potersi accendere che sfregandoli sopra una superficie appositamente preparata; ora però in Francia e in Svizzera si hanno fiammiferi a base di solfuro di fosforo, completamente innocuo, che si accendono sfregandoli su qualunque superficie ruvida. Non vi sarebbe ormai più alcuna ragione perchè anche in Italia siano imposti i fiammiferi di sicurezza, molto più che ai tanti processi di fabbricazione se ne può aggiungere un altro trovato recentemente (1903) da un chimico italiano, il *Prof. Purgotti*, che usa vantaggiosamente il cromorodanato cupro-ammonico al posto del fosforo giallo. Per non ledere forse gli interessi di poche persone, si continua a danneggiare la salute di migliaia di operai, minacciando costantemente quella degli stessi consumatori!

Fabbricazione primitiva dei fiammiferi.

Il più grande incremento all'industria dei fiammiferi venne dopo il 1860 quando coll'aiuto della meccanica si ottennero delle macchine che ne permisero la grande fabbricazione, col minimo impiego di mano d'opera. Dalla prima macchina di *Sebold* si giunse a quella meravigliosa di *Sévène* e *Cahen* che permette di fare tutte le operazioni in modo assolutamente automatico: la piallatrice delle assicelle è seguita dalla tagliatrice che fornisce un migliaio di stecchetti in un sol colpo, e questi si dispongono, isolati l'un dall'altro, in appositi telai, che passano poi alla paraffinatura, all'immersione in solfo fuso, alla ricopertura della capocchia colle miscele infiammabili, all'essiccatrice, finalmente alla riempitura automatica delle scatolette e alla timbratura ed impacchettaggio di questa. È uno degli esempi, così frequenti oggi, in cui la macchina supera in perfezione e rapidità il lavoro manuale! 3 operaie producono con una di queste macchine, in 10 ore, 500 scatolette di fiammiferi pronte per la vendita.

La grande industria dei fiammiferi si estese man mano dalla Svezia alla Russia, all'Austria e alla Germania e poi fiorì anche in Francia ed in Italia. Recentemente si risente ovunque la concorrenza di nuove fabbriche Americane e Giapponesi. In tutto il mondo si contano oggi più di 700 fabbriche importanti di fiammiferi. La grande fabbrica di Jönköping in Svezia produce

giornalmente quasi 60 milioni di fiammiferi. La Germania produce annualmente per circa 115 milioni di lire di fiammiferi e si calcola un consumo medio giornaliero di 12 fiammiferi per ogni abitante. — L'Italia nel 1903 esportò 12584 Q.li di fiammiferi di legno e 16104 quintali di cerini. Nel 1904 l'esportazione salì a 14334 Q.li di fiammiferi di legno, pel valore di L. 716.700 e 18310 Q.li di cerini pel valore di L. 3.845.000. Nel 1903 in Italia si contavano circa 200 fabbriche di fiammiferi che complessivamente produssero 43173 milioni di fiammiferi di legno e oltre 19130 milioni di quelli di cera o di legno paraffinato.

9) Fotografia.

Non abbiamo da dire che poche parole sul processo chimico della fotografia, perchè la parte storica e la parte fisica (ottica) ed anche la fotografia a colori, vennero già trattate, con la sua ben nota competenza, dal *Prof. Grassi* (*La fisica e l'elettrotecnica nel secolo XIX* pag. 386).

Il vero processo fotografico ha cominciato ad acquistare un'importanza pratica solo dopo le belle esperienze fatte dal *Daguerre* nel 1838, in seguito alle quali egli era riuscito, mediante la luce, a fissare delle immagini di oggetti e di persone, in modo facile, rapido e durevole. Il successo e l'ammirazione generale furono così grandi che il governo francese, per consiglio del celebre *Arago*, offerse al *Daguerre* una pensione annua di 6000 franchi a condizione di rendere pubblica la sua scoperta. Il 19 Agosto 1839, in una solenne seduta dell'Accademia delle Scienze, *Arago* comunicava dettagliatamente il processo fotografico *Daguerre*, e da quell'epoca data la *daguerrotipia*. La sostanza sensibile alla luce era l'ioduro d'argento, che il Daguerre produceva sopra una lastra d'argento sottoponendola all'oscuro all'azione dei vapori di iodio. Nella camera oscura questa lastra rimane rapidamente impressionata dai raggi luminosi che partono dall'oggetto da fotografare, e però l'immagine non è dapprima visibile sulla lastra impressionata. Sottoponendo questa lastra all'azione dei vapori di mercurio, questo si deposita in finissime goccioline solo nei punti dove ha influito la luce, ed allora la figura appare in tutti i suoi dettagli; bastava allora sciogliere l'ioduro d'argento inalterato, mediante una soluzione di iposolfito sodico, per fissare la figura e renderla stabile anche alla luce.

La differenza sostanziale della daguerrotipia coi processi che la precedettero, consisteva nel fatto che non era necessario di influenzare a lungo la superficie sensibile sino a far apparire l'immagine, ma utilizzando la straordinaria sensibilità dell'ioduro d'argento, si produceva con una posa brevissima, che per la prima volta permetteva di ritrarre anche gli oggetti in moto, una immagine latente non visibile, ma che poi per via indiretta, si sviluppava marcatamente in tutti i suoi dettagli.

Colla daguerrotipia non si potevano ottenere più copie dalla riproduzione originale e fu *Talbot* che nello stesso anno (1839) comunicava alla Reale Società di Londra il modo di ottenere più copie da una stessa incisione trasparente. Egli produceva alternativamente delle negative e delle positive su carta sensibilizzata imbevuta di cloruro e nitrato d'argento, e sulla quale veniva sovrapposta

l'incisione, che poi si esponeva al sole. Collo stesso principio Talbot ottenne anche direttamente, nella camera oscura, l'impressione sul foglio di carta allo ioduro d'argento, sviluppando poi l' immagine latente con acido gallico, che precepitava argento nero nei punti influenzati dalla luce. Con questa *negativa* Talbot otteneva la positiva sovrapponendola ad un foglio di egual carta sensibile ed esponendola al sole; dopo sviluppato con acido gallico il nuovo foglio impressionato, si aveva una *positiva* e nello stesso modo se ne potevano ottenere a piacimento.

Un altro importante progresso nella fotografia venne segnato nel 1847, quando *Niepce* (nipote del primo collaboratore di Daguerre) ottenne le prime lastre di vetro sensibili fissandovi sopra l'ioduro d'argento con una spalmatura di albumina, che però facilmente si alterava. *Fry* e *Archer* giunsero a ben migliori risultati nel 1851 spalmando le lastre di vetro con uno strato sottile di collodio nel quale era stato previamente disciolto un bromuro o un ioduro. Immergendo poi questi vetri in un bagno di nitrato d' argento si ottenevano delle lastre ricoperte da una pellicola sensibilissima al bromuro o ioduro d'argento che dopo esser stata impressionata nella camera oscura, e sviluppata con acido pirogallico, permetteva di cavarne delle positive finissime, fedeli immagini dell'oggetto fotografato.

Nei gabinetti fotografici. Preparazione di una lastra al collodio.

Questo comodo processo delle lastre al collodio, spostò rapidamente e completamente la daguerrotipia.

A sua volta il processo al collodio doveva poi essere soppiantato da un altro processo ancor più perfetto, col quale non era necessario preparare la lastra pochi momenti prima dell'uso. Invece delle lastre umide di collodio il *Bennet* arrivò nel 1878 dopo gli infruttuosi tentativi di *Maddor* e *Wortley*, a preparare delle lastre secche sensibilissime spalmate di una gelatina al bromuro d' argento e conservabili per anni. L' emulsione di gelatina con bromuro d'argento si rendeva molto sensibile riscaldandola a lungo prima di spalmarla sulle lastre di vetro; la sensibilità era venti volte superiore a quella delle lastre al collodio. Da quell'epoca comincia la marcia

trionfale della fotografia e noi vediamo sorgere una nuova industria, quella delle lastre secche di gelatina, che doveva giungere, ai nostri giorni, ad uno sviluppo imponente e meraviglioso, come imponente e meraviglioso fu il progresso della fotografia in questi ultimi 30 anni.

E non meno rapidamente si perfezionarono anche le altre operazioni inerenti al processo fotografico. La immagine latente invisibile delle lastre impressionate, si rende visibile immergendo la lastra in un bagno *sviluppatore*, formato da una sostanza capace di ridurre in polvere nera finissima d'argento il sale delle parti impressionate dalla luce, sale che non è più costituito da bromuro d'argento (Ag Br) ma probabilmente da un *sottobromuro* (Ag_2 Br). La parte della lastra non influenzata dalla luce, rimane inalterata nel bagno sviluppatore e si elimina, lavorando sempre in camera illuminata con luce rossa, sciogliendola con iposolfito sodico (*fissatore*). Allora sulla lastra non rimane fissato che il deposito nero d'argento formante la *negativa* dell'immagine fotografata, che appare più marcata e più scura, nei punti più influenzati dalla luce. Mentre restano più chiari e spesso bianchi i punti che subirono minor impressione luminosa.

Da principio come sviluppatore si usò l'*ossalato ferroso* sciolto in eccesso di ossalato potassico (ovvero una miscela di solfato ferroso e ossalato potassico) rendendo poi il bagno preferibilmente un po' acido. Ben presto per lastre di gelatina secche si applicò uno sviluppatore alcalino più energico, che era già usato per le lastre umide, cioè la soluzione alcalina di *acido pirogallico* trattato con solfito sodico. Più tardi si usò con vantaggio, per le lastre troppo lumeggiate, uno sviluppatore più lento, l' *idrochinone* e anche il suo isomero *pirocatechina*. Per le istantanee diede ottimi risultati l'*iconogeno*, uno sviluppatore molto energico costituito dal sale sodico dell' acido *alfaammidobetanaftolsolfonico* (!). E sarebbe impossibile enumerare tutti gli svariati sviluppatori messi in commercio in questi ultimi anni (Metol, rodinal, ecc.) che si prestano a lavori sempre più perfetti e che però come i precedenti agiscono solo in bagno debolmente alcalino.

L'*Amidol* invece (solfato di diamminofenolo) sviluppa in bagno debolmente acido, come l'ossalato ferroso, e preserva meglio lo strato di gelatina della lastra.

*
* *

Per passare dalla negativa alla copia *positiva*, cioè a quella riproducente la realtà dell'oggetto nei suoi toni luminosi, si sovrappone la lastra negativa ad un foglio di carta sensibile, preparato in modo analogo alle lastre, ma con gelatina molto meno sensibile alla luce. Esponendo alla luce la lastra, questa lasciando passare più o meno luce dai suoi punti meno o più scuri, produce sulla carta dopo pochi minuti la positiva, appariscente colle sue ombreggiature corrispondenti a quelle dell'oggetto fotografato. Queste carte così impressionate (stampate), vengono passate in un bagno diluito di cloruro di oro per ottenere delle tinte più intense e più piacevoli. Questa operazione si chiama *intonazione* o *viraggio* della positiva, ed è dovuta a particelle finissime nerastre di oro che si depositano sui punti della carta più e meno influenzati dalla luce, perchè il sale d'argento parzialmente ridotto agisce a sua

volta da riduttore sul sale d'oro. Dopo il viraggio si passa la positiva in un bagno d'iposolfito sodico per sciogliere la gelatina non influenzata dalla luce e così la positiva si dice *fissata*. Perchè le intonazioni rimangano stabili e inalterate all'aria, è indispensabile finire l'operazione con un abbondante e prolungato lavaggio all'acqua, altrimenti se restano delle tracce di iposolfito, questo lentamente si decompone separando solfo e formando solfuro d'argento che in strati sottili appare gialliccio e sbiadito. Questo inconveniente si verifica talvolta anche per la decomposizione dell'albumina della carta, che pure contiene solfo.

Si giunse poi alla *platinotipia* che non presenta un simile inconveniente e dà delle fotografie a toni neri, armonici, simili alle incisioni, e molto apprezzati. Le carte per la platinotipia sono preparati con ossalato ferrico e cloruro platinico potassico. L'ossalato ferrico sotto l'azione della luce si riduce a ossalato ferroso insolubile e questo allora è capace di ridurre il sale di platino, per semplice immersione in acqua o in soluzioni di ossalato potassico separando così delle particelle nere finissime di platino che vanno a formare e intensificare i toni della copia stampata. Basta poi un semplice lavaggio in acqua acidulata con acido cloridrico per avere una fotografia stabile, senz'altro fissaggio, e resistente persino all'azione del cloro!

Si comprende bene che oggi con una negativa si possono stampare quante copie si vogliono.

*
* *

Fra i progressi fatti dalla fotografia vogliamo ricordare di sfuggita la preparazione dei *Films*, che non sono altro che strisce di celluloide, ricoperte di emulsione gelatinosa al bromuro d' argento come quella delle lastre. Su queste però il Films ha il vantaggio, di dare, sotto forma d'un rotolo poco voluminoso e molto leggero parecchie decine di lastre.

Fino a pochi anni addietro le lastre fotografiche presentavano ancora un grave inconveniente, quello cioè di non venire omogeneamente influenzate dai diversi colori degli oggetti da fotografare; i composti alogenati dall'argento che entrano nella gelatina, sono molto sensibili alla luce bleu e violetta, cioè ai raggi più rifrangibili dello spettro, mentre sono quasi insensibili a quella verde, gialla o rossa. E così avveniva che un fiore o nastro verde o rosso restava nella fotografia molto più scuro di uno bleu o violetto. Fu grande merito di *H. W. Vogel* l'aver indicato già nel 1873 la via per ovviare a tale inconveniente, aggiungendo alla emulsione gelatinosa di bromuro d'argento, delle sostanze (*sensibilizzatori ottici*) capaci di assorbire i raggi rossi, gialli, verdi. Dapprima si fecero delle miscele di bromuro d'argento con colori d'anilina verdi o rossi, oggi si preparano direttamente dei sali d'argento con detti colori, specialmente con eosina, ecc. Si ebbero così le lastre *ortocromatiche* che permisero di ritrarre più fedelmente i paesaggi, ed oggi si hanno lastre ancor più perfette, le *percromatiche* o *pancromatiche*, preparate dal *Miethe* col rosso etile (cioè iodoetilchinaldin-chinolina) che sono sensibili non solo ai raggi verdi e gialli, ma omogeneamente a tutti i raggi dello spettro, compreso il rosso. Dopo ciò divenne possibile la riproduzione di qualsiasi dipinto con sufficente fedeltà di toni, il che non si era mai raggiunto pel passato.

Prima di chiudere questo brevissimo cenno chimico sull'origine e lo sviluppo della fotografia, dobbiamo ricordare una recente scoperta alla quale l'*Ostwald* e il *Gros* sono giunti nel 1903 con considerazioni prettamente teoriche sui *catalizzatori* e che l' esperienza pratica ha coronato di succeeso. In chimica si conoscono diverse reazioni che avvengono con lentezza più o meno grande, così per esempio la reazione fra zinco puro e acido solforico puro, dà uno sviluppo minimo o quasi nullo di idrogeno; se però si aggiunge una goccia di cloruro di platino, allora lo sviluppo di idrogeno diviene abbondante e tumultuoso. Abbiamo già visto un altro importante esempio nella fabbricazione catalitica dell'acido solforico (pag. 53) nella quale la combinazione di anidride solforosa e ossigeno avviene ad una data temperatura, solo in presenza di una piccola quantità di platino finamente suddiviso. E ancora: l'acqua ossigenata si scompone lentamente in ossigeno e acqua; ma se si aggiunge una traccia di biossido di manganese, lo sviluppo dell'ossigeno diventa abbondantissimo. Queste sostanze, come il cloruro di platino, il platino suddiviso, il biossido di manganese, ecc., che non prendono parte alla reazione, ma che però lo accelerano notevolmente alla sola loro presenza, vennero chiamate *catalizzatori*. Tali sostanze, nella loro funzione, si possono quasi confrontare all'olio che serve a lubrificare l' asse d'una ruota arrugginita; dopo la lubrificazione, collo stesso sforzo, la velocità viene centuplicata !

L'*Ostwald* e il *Gros* applicarono un processo catalitico molto semplice alla copia o stampa di fotografia su carta, traendola da altre fotografie, senza il concorso della luce. Si sa che una soluzione di acido pirogallico in presenza di bromato potassico si ossida lentamente dando delle colorazioni rosso-bruno; se però vi si aggiunge una traccia di polvere di platino o d'argento la colorazione si forma rapidamente. Sulle fotografie positive ordinariamente l'immagine è formata da un deposito di argento o di platino finamente suddivisi. Se su questa positiva si appoggia, anche all'oscuro, un foglio di carta preparata con acido pirogallico e bromato potassico, dopo qualche tempo otterremo una copia positiva a toni rosso bruni. Si comprende però che in tal modo la positiva primitiva finirà per sporcarsi rapidamente di colore e diverrà ben tosto inservibile. Si può però evitare questo inconveniente modificando per esempio il processo, nel modo seguente che permette di passare anche da una negativa ad una positiva.

Se sulla lastra negativa si versa una soluzione eterea di acqua ossigenata, questa si decomporrà nei punti in contatto col deposito d'argento della lastra e non resterà che acqua, mentre nei punti meno o punto scuri della negativa, l'acqua ossigenata resterà inalterata. Se dopo evaporato l'etere, appoggiamo su questa negativa, con dolce pressione, un foglio di carta con gelatina secca, trasporteremo sul foglio stesso l'acqua ossigenata rimasta inalterata formante ora una positiva invisibile. Se ora si versa sul foglio una soluzione di cloruro o solfato di manganese, nei punti dove c'è acqua ossigenata si formerà un deposito bruno di biossido di manganese con tutte le sfumature fedeli della fotografia; se si verserà invece una soluzione alcalina d'un sale d'argento, allora si formerà un deposito nero d'argento, e così via si avranno altri colori con altre soluzioni.

Questo processo catalitico della copiatura o stampa fotografica, porta il nome di *catatipia* e si crede che avrà ben presto una applicazione pratica, specialmente per delle negative o positive al platino, che hanno una potenza catalizzatrice più marcata di quelle all'argento.

*
* *

Da queste brevi note sulla fotografia, si vede quali giganteschi progressi abbia fatto in pochi anni questo ramo interessante della fisico-chimica; e tutto lascia credere che nuove e più importanti scoperte contribuiranno ancora ad estendere le applicazioni già svariatissime della fotografia che tanti servigi ha reso a tutte le scienze e alle arti, contribuendo notevolmente ad educare e ad elevare il gusto artistico dell'uomo. Quest'arte che così rapidamente si diffuse in tutti i ceti, ingentilendone i costumi, si estenderà ancor più in avvenire, perchè ormai la fotografia è divenuta così semplice e facile da essere alla portata di tutti. La fotografia ha dato origine a nuove, numerose e fiorenti industrie che in alcune nazioni hanno acquistato un'importanza grandiosa. Basterà pensare che già nel 1885 negli Stati Uniti d'America si consumavano annualmente 400 quintali d'argento e trenta quintali d'oro per preparati fotografici; la Germania nel 1901 esportava per oltre 1.200.000 lire di sali d'argento e per oltre 3 milioni di lire di preparati d'oro per uso fotografico. E se si vuol abbracciare tutta l'industria fotografica, dai reagenti chimici, agli apparati ottici, allora si calcola che nel 1904 la produzione annuale mondiale superasse i 500 milioni di lire e che tutte le industrie inerenti occupassero parecchie diecine di migliaia di operai!

B) INDUSTRIE DEI PRODOTTI ORGANICI.

L'industria moderna dei prodotti organici è nata dalle speculazioni teoriche sulla valenza del carbonio e sulla costituzione molecolare dei numerosi suoi derivati. I profani ed i metafisici forse hanno deriso le geniali concezioni del *Kekulé* (vedi p. 31) sulla concatenazione degli atomi di carbonio nella molecola dei composti organici e le sue creazioni di architettura chimica, nelle quali gli atomi componenti, eran raffigurati e materializzati con palle nere, sulle quali erano inseriti 4 fili metallici — rappresentanti le valenze — diretti verso i quattro spigoli di un tetraedro. Questi eran gli atomi del carbonio che dovevan servire a costruire il famoso esagono rappresentante il benzolo. Ma furono queste ipotesi che diedero la granitica base alla meravigliosa legge della sintesi chimica. Non erano più i fatti che creavano le leggi, ma le ipotesi che conducevano con sicurezza matematica alla scoperta dei fatti, alla preparazione sintetica di migliaia e migliaia di sostanze nuove, forse non mai esistite in natura.

Nessuna scienza ha mai avuto al suo attivo un così prodigioso frutto dalla enunciazione di una semplice ipotesi.

E questa corsa vertiginosa alla scoperta di sempre nuovi composti organici, che dura con foga inalterata da oltre cinquant'anni, non fu un semplice passatempo di sport scientifico e di laboratorio, perchè dalla creazione di laboratorio, dal prodotto pesato sulla bilancia dei milligrammi, si passava con

sorprendente audacia ed immancabile successo alla fabbricazione industriale dei più svariati prodotti che da soli bastano a dar gloria a tutto il secolo XIX.

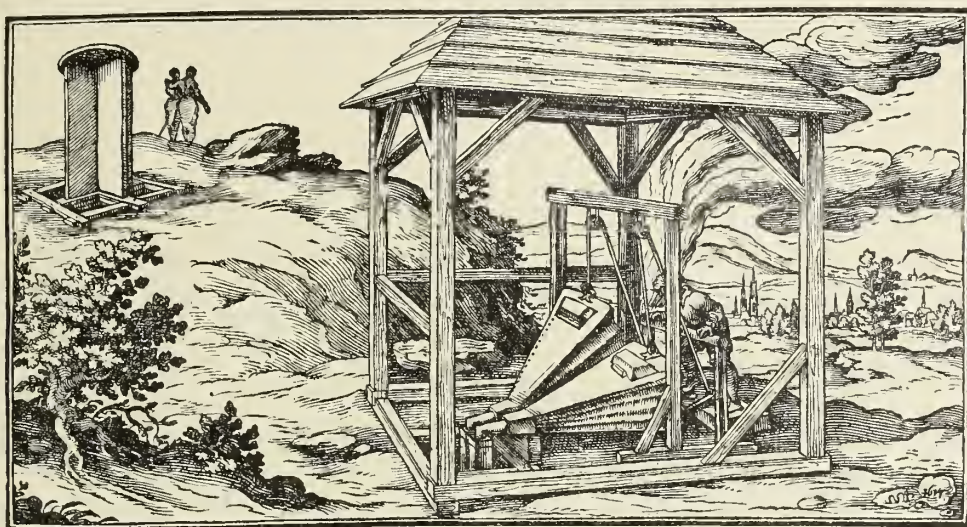
Ci è impossibile seguire neanche sommariamente i principali prodotti organici nella loro preparazione industriale; ci manca il tempo e più ancora lo spazio concessoci per questa pubblicazione. Ci basterà quindi passare in rapida rassegna qualcuna delle più interessanti di queste industrie, che serviranno a darci un'idea di che opera creatrice sia capace la mente umana e di quali prodigi potrebbe vantarsi in avvenire l'umanità, se lo studio non fosse ancora oggi privilegio ingiusto di una minuscola minoranza e fosse esteso invece a tutti gli esseri che hanno un cervello per pensare e per creare!

1) Combustibili e materie illuminanti.

La preparazione del carbone e la lavorazione del legno considerati semplicemente come combustibili, non formano veramente delle industrie chimiche, ma — come per il solfo — troppe considerazioni chimiche si connettono all'origine, alla composizione, all'utilizzazione, alla trasformazione di quei prodotti, per poterli staccare decisamente dal gruppo delle industrie chimiche. E indipendentemente dalla loro importanza come combustibili vedremo anche a quante interessanti e svariate industrie chimiche essi dànno origine.

Il legno ed il carbone si possono considerare come dei veri magazzeni di energia solare; il carbone specialmente non è che un grande accumulo di energia solare di epoche passate e molto lontane, perchè ormai non havvi più alcun dubbio che il carbon fossile si è formato dalla lenta decomposizione di enormi quantità di piante e residui vegetali, sepolti sotto forti strati di roccie. Le impronte che si son potute scoprire sui blocchi di carbone, mediante apposito trattamento chimico e coll'aiuto del microscopio dimostrano anche che, in quelle epoche, certe regioni erano coperte da fitte foreste formate da gigantesche conifere. In causa poi della pressione enorme, del calore terrestre, del vapor d'acqua e molto probabilmente coll'intervento successivo di speciali microorganismi, quei vegetali sepolti — costituiti preponderantemente da cellulosa, cioè da idrogeno, ossigeno e carbonio — man mano, durante un periodo di parecchie centinaia di migliaia di anni, hanno perduto idrogeno ed ossigeno arricchendosi invece sempre più di carbonio. Ed allora a seconda della composizione più o meno progredita, noi troviamo dei diversi strati geologici della crosta terrestre: la *torba* e la *lignite* posteriori all'epoca della creta e contenenti 60-70 % di carbonio. Negli strati più antichi — anteriori all'epoca della creta — gl'immensi depositi di *litantrace* che contengono il 90 % di carbonio, e più antichi di tutti, i giacimenti di antracite con 96-98 % di carbonio. È dunque energia solare di molte migliaia di secoli addietro che noi oggi consumiamo, perchè una buona parte del calore solare è utilizzato nell'accrescimento dei vegetali. Si calcola infatti che per ogni ettaro di bosco (pini e abeti) vi sia ogni anno un aumento di 3500 kg. di legno e se noi pensiamo ai 4 milioni e mezzo di Ett. di terreno boschivo in Italia o ai 20 milioni di Ett. della Svezia, oppure ai 200 milioni degli Stati Uniti di

America o meglio ancora ai 323 milioni di Ett. dei boschi del Canadà, potremo avere una vaga idea dell'immenso accumulo annuale di energia solare immagazzinata nelle piante. E possiamo anche valutarla direttamente in calorie se teniamo conto che ogni kg. di legno può fornire bruciando circa 2800 calorie. Si noti ancora che solo il 5 % circa di tutto il calore solare è utilizzato dalle piante mentre tutto il resto va a riscaldare l'atmosfera, il terreno, l'acqua e tutti i corpi terrestri!

Il tesoro di combustibile che si nasconde nelle viscere della terra e che noi giornalmente sfruttiamo è veramente immenso, perchè il carbon fossile è da secoli utilizzato dall'uomo e nel secolo XIX, col meraviglioso sviluppo delle industrie, il consumo aumentò gradualmente in proporzioni veramente

Pozzo d'aereazione di un'antica miniera.

sorprendenti correndo di pari passo col progresso delle numerose e svariate officine che in esso trovarono le condizioni di vita. Ecco una tabella molto significante che non richiede nessuna spiegazione perchè da sola sintetizza tutta la filosofia sul meraviglioso progresso industriale del secolo XIX:

La produzione annua mondiale del carbon fossile in diverse epoche fu la seguente, espressa in milioni di tonnellate:

Anno	1850	1880	1895	1903
Russia	—	3	8	10 (?)
Austria	1	6	10	12 (?)
Belgio	6	17	19	23
Francia	4	19	28	35
Germania	5	47	80	120
Inghilterra	46	149	192	250
Stati Uniti d'America	6	60	172	320
Altre nazioni (circa)	1	2	4	5
Produzione mondiale	69	333	513	775

Per la Germania si deve poi calcolare anche una produzione notevole di lignite, che nel 1904 raggiunse i 48 milioni di tonnellate.

L'Italia estrasse nel 1904 circa 400.000 tonn. di lignite e si calcola che i suoi giacimenti ne contengano ancora circa 100 milioni di tonn. (specialmente

in Toscana), ma d'altra parte non possiede giacimenti di carbone e per tutte le nostre industrie dobbiamo dipendere dal carbone importato, specialmente dall'Inghilterra. Per quanto si abbia progredito rapidamente in questi ultimi anni nella razionale e larga utilizzazione di energia idraulica, pur tuttavia l'importanza del carbone è sempre in aumento e sta a riprova del notevole progresso della nostra industria. Ecco infatti alcune cifre istruttive sull'importazione del carbone in Italia:

Nel	1880	si	importarono	1.737.746	tonn.	di carbon	fossile	per	L. 48 milioni
»	1885	»	»	2.957.436	»	»	»		
»	1895	»	»	4.304.787	»	»	»		
»	1900	»	»	4.947.180	»	»	»		
»	1904	»	»	5.904.578	»	»	»	»	L. 151 milioni.

Dato il crescente consumo mondiale di carbon fossile, che non s'arresta neanche cogli imponenti impianti idroelettrici sorti in questi ultimi tempi, sorse più volte la domanda se continuando di questo passo non si corra allegramente e inconsapevolmente verso l'esaurimento dei giacimenti carboniferi e quindi verso la futura rovina delle industrie e contro una terribile incognita per l'avvenire dell'umanità intera.

Dei tecnici valenti e delle commissioni competenti studiarono il problema, e dagli scandagli seriamente eseguiti in diverse nazioni risulterebbe che si può guardare tranquillamente ad un prospero avvenire, perchè soltanto nel Belgio si valutano a 16 miliardi di tonnellate il carbone ancora esistente nei giacimenti, e in Inghilterra, il deposito ancora giacente nelle viscere della terra, sarebbe di almeno 100 miliardi di tonn.; in Germania di quasi 400 miliardi e nell'America del Nord di circa 680 miliardi di tonn. Da qui si può facilmente prevedere come il primato che ebbe sin ad ora l'Inghilterra nella produzione del carbone in Europa, passerà fra non molti anni alla Germania e più tardi l'Europa diventerà tributaria dell'America, la quale fin d'ora ha cominciato a mandare del carbone in Francia ed in Russia.

Noi qui non vogliamo nè possiamo occuparci dei grandi progressi fatti dall'industria carbonifera nei suoi sistemi d'estrazione del nero e prezioso minerale: del modo di costruire i pozzi e scavare le gallerie per giungere a sfruttare convenientemente sin gli strati più sottili di carbone. Nè possiamo soffermarci a registrare tutti i progressi fatti in quest'ultimo secolo nella coltivazione delle miniere di carbone per rendere anche il lavoro meno penoso a quelle centinaia di migliaia di benemeriti operai, che passano metà della loro vita nelle oscure e disagevoli profondità della terra, lasciandovi sovente brandelli della loro carne e la stessa loro vita nelle purtroppo ancor frequenti esplosioni del terribile gas (il grisou), che sprigionandosi dai filoni carboniferi e mescolandosi coll'aria, s'accende ed esplode terribilmente coll'esca d'una scintilla strappata alla roccia dal piccone demolitore o dalla lampada mal chiusa del minatore. In un baleno la galleria d'uscita è ostruita da mucchi di cadaveri che costringono in una tragica solidarietà di morte i sani ed i feriti che vengono sovente soffocati dall' acqua che invade la miniera, perchè non di rado le pompe d'estrazione sono anch'esse preda del disastro. E così questo

esercito di umili, ma eroici lavoratori che scava il carbone per riscaldare noi e per dar vita a tutte le industrie, immola ogni anno intere falangi dei suoi figli migliori pel benessere di tutti. Ma la frequenza ancor spaventosa di queste immani sciagure — oggi che la scienza ha tanto progredito e tanto operato per evitarle — non può essere spiegata talvolta che dalla disonestà di ingordi capitalisti, che per impinguare d'oro le loro casse, non si trattengono dal sacrificare, coscientemente, ogni anno centinaia di vite umane. A tanto giunge la fame pervertitrice del denaro!

* *

Non del carbone per se stesso vogliamo parlare, ma delle svariate e numerose industrie che da esse prendono origine colla semplice distillazione e colla lavorazione dei prodotti di questa parziale distruzione ignea del carbone stesso.

Pompe per l'estrazione dell'acqua nelle antiche miniere.

Colla combustione ordinaria, fatta sulle griglie delle caldaie o nei forni o nelle stufe, il carbone ci dà del calore e del gas anidride carbonica, generalmente non utilizzato. Se però noi scaldiamo il carbone all'infuori del contatto dell'aria, cioè in storte chiuse, munite d'un solo tubo di sfogo, allora i prodotti che si formano sono svariatissimi e molto importanti: non otteniamo più del calore, ma dei gas di varia natura che hanno la proprietà di bruciare facilmente e di fornire calore e luce (gas illuminante). Oltre a ciò si ottiene della naftalina, e dell'ammoniaca; si forma una notevole quantità di catrame che da solo può servire a dar vita a tante interessanti industrie: dai colori d'anilina, agli alcaloidi medicamentosi; e dopo aver raccolto tutti questi prodotti, nelle storte di distillazione, rimane ancora il 70 % di *coke* che sovente ha un valore eguale al carbone impiegato e che viene usato come ottimo combustibile per usi domestici, e in quantità molto maggiori viene adoperato nella metallurgia, specialmente negli alti forni per la preparazione della ghisa e del ferro. Soltanto in Inghilterra si producono 22 milioni di coke metallurgico all'anno e negli Stati Uniti d'America nel 1903 la produzione raggiunse i 23 milioni di tonn., in Germania nel 1904 superò i 12 milioni di tonn.

*
* *

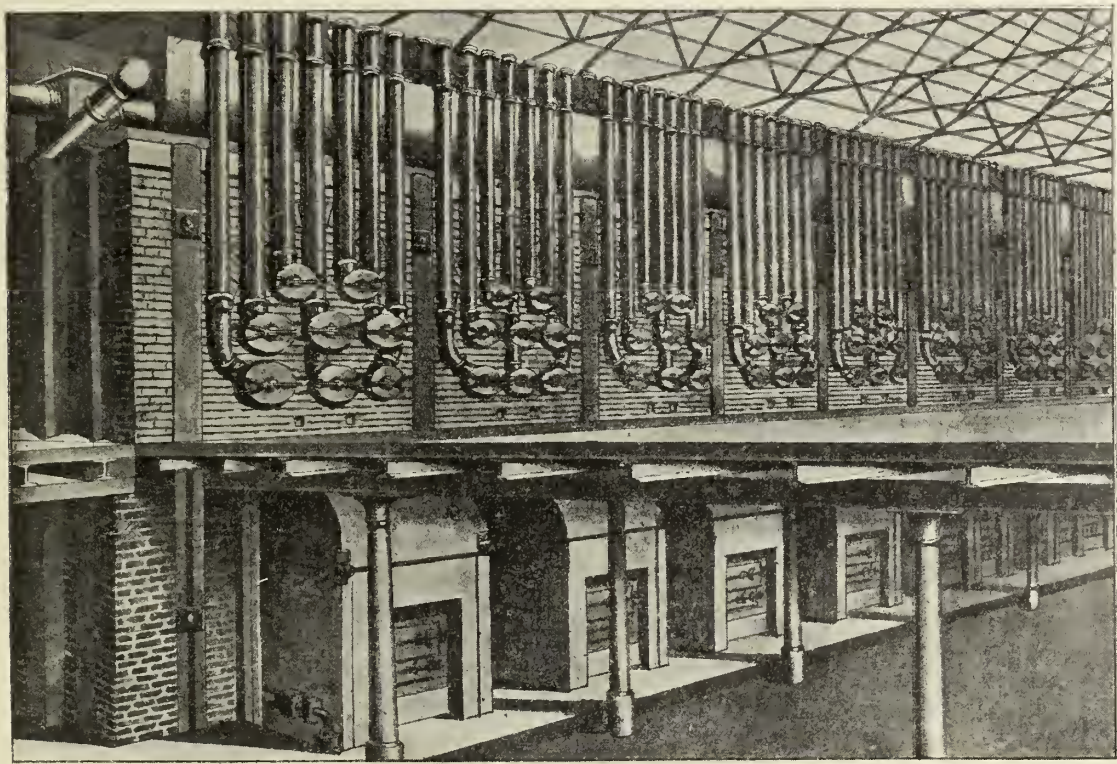
Industria del gas illuminante: È nata col secolo XIX ed ha segnato la sua apoteosi alla fine dello stesso secolo coll'applicazione della luce incandescente a gas. I cinesi sin dal novecento utilizzavano dei vapori di petrolio, incanalati in tubi di legno, a scopo d'illuminazione. In Europa invece bisogna arrivare sino al 1739, quando *James Klayton* cercando di interpretare le vere cause della emanazione di gas infiammabile, riscontrata abbondante nelle miniere di Lancashire, sottopose il carbon fossile a riscaldamento in apparati chiusi e raccolse in grandi vesciche il gas sviluppato: questo era gas illuminante! Nel 1767 *Watson*, con piccole esperienze di laboratorio, otteneva, dalla distillazione del carbone, il gas illuminante, dell'ammoniaca e del coke. Eravamo già all'epoca in cui si cominciava ad usare il coke a scopi metallurgici e nel 1786 lord *Dundonald* utilizzò direttamente i gas dei forni a coke per illuminare la propria abitazione. Prove più importanti vennero però iniziate in Inghilterra da *W. Murdok*, per illuminare direttamente delle grandi filature, distillando il carbon fossile. Aiutato in questa sua impresa, prima da *J. Watt*, l'inventore della macchina a vapore, e poi dal suo allievo *Klegg*, gli riusci facile già nel 1805 estendere l'illuminazione a gas in numerosi stabilimenti inglesi. L'Ingegnere *F. Lebon* in Francia, prese nel 1799 un brevetto « per un nuovo mezzo di impiegare il combustibile più utilmente, sia pel riscaldamento, sia per la luce, e raccoglierne i diversi prodotti ». Alcuni giorni dopo, tutta Parigi ammirava le *termolampade* a gas che il Lebon aveva adoperato per illuminare i giardini dell'hotel Seignelay. Forse il Lebon stesso non prevedeva allora il meraviglioso sviluppo preso dall'illuminazione a gas nel secolo XIX, e non avrà certo sognato il monumento che gli eresse molto più tardi la sua città nativa, Chaumont, e la statua che gli venne dedicata a Parigi nel 1905.

L'industria del gas illuminante al principio del secolo XIX.

Quando si tentarono dei grandi impianti per l'illuminazione a gas, allora cominciarono le difficoltà tecniche, e i trascurabili inconvenienti dei piccoli impianti divenivano ostacoli insormontabili per le grandi officine. Già si rimarcava che il nuovo gas illuminante bruciava con fiamma alquanto fuligginosa e spandeva degli odori sgradevoli; d'altra parte nelle officine avvenivano frequenti ostruzioni nelle tubazioni, causa i prodotti solidi di distillazione trascinati dal gas. Se a tutto ciò si aggiunge il pregiudizio popolare avverso ad ogni innovazione, aggravato dalla propaganda misoneistica di alcuni scien-

ziati, specialmente francesi, che esageravano i pericoli d'esplosione coll'uso del gas illuminante, è facile immaginarsi come fossero poco promettenti le condizioni dell'industria del gas sino al 1815.

Fu grande merito del *Klegg* l'aver eliminato le principali difficoltà tecniche col separare da prima le sostanze catramose, che il gas trascinava, facendolo passare attraverso numerosi tubi raffreddati e poi purificandolo ulteriormente con della calce per raccoglierlo infine in grandi gasometri, da dove veniva distribuito con tubazioni ai luoghi di consumo. Divenne così possibile nel 1813 di illuminare una parte di Londra con gas di carbon fossile e nel 1815 *Winsor* illuminava alcuni quartieri di Parigi.

Nessuno però in Europa osava tentare una simile industria; tutti diffidavano, non intravvedevano il suo grande avvenire, si spaventavano dinanzi alle difficoltà tecniche che presentava questa prima grande industria chimica, e per questo essa rimase per molti anni prettamente industria inglese. Ed è in Inghilterra dove si estese e si perfezionò più rapidamente, (nel 1823 si contavano già 52 città illuminate a gas), dove gli scienziati e i tecnici die-

Batterie di storte nei forni a gas moderni, riscaldate coi gas di generatori.

dero tutto il loro appoggio e dove sorsero parecchie potenti società capitalistiche che si assunsero la grande impresa di illuminare col gas le principali città d'Europa. Anche oggi molte città sono impegnate, con contratti non ancora scaduti, con le grandi società inglesi. Londra stessa trovò il più grave ostacolo in questi ultimi tempi, all'introduzione dell'illuminazione elettrica, precisamente negli impegni che s'era assunta colle società del gas, che già avevano accumulato guadagni favolosi.

A Berlino il primo tentativo di illuminazione a gas si ebbe nel 1826; poi seguì Hannover e nel 1884 in Germania si contavano 577 città illuminate a gas, che consumavano 1.700.000 tonn. di carbon fossile.

In America, Baltimora fu illuminata a gas nel 1806, Filadelfia nel 1822 e New-York nel 1834.

Dopo il 1870 in Europa tutti i principali centri popolari, anche le piccole città, vennero illuminate a gas: ogni prevenzione contro questo sistema d'illuminazione era scomparso; la pratica aveva dimostrato che le temute terribili esplosioni delle miscele di gas e aria non erano avvenute e che i piccoli incidenti occorsi in casi speciali non erano più gravi delle numerose disgrazie che si verificavano quotidianamente colle lampade a petrolio. La vittoria sul petrolio, per quanto contrastata accanitamente, fu completa specialmente per l'illuminazione pubblica.

Al successo vi contribuì più di tutto l'incessante perfezionamento tecnico che permise di ottenere un gas sempre più puro, più abbondante e più economico.

Dalle prime storte di *Murdoch*, cilindriche in ghisa, cariche di carbone, disposte verticalmente in un forno e riscaldate a fiamma diretta, si passò a quelle in terra refrattaria proposte da *Grafton* nel 1820, più resistenti al calore e meno costose. Si diede a queste storte una disposizione inclinata per poterle caricare e scaricare più rapidamente e con minor mano d' opera. Ben presto la disposizione di queste storte venne ancora cambiata e si disposero orizzontalmente in forni, raccolte in gruppi di 6 e 9. Sino al 1890 in quasi tutte le fabbriche di gas d'Europa si conservò quel tipo di storta, al quale si modificò sovente solo la sezione che da cilindrica divenne dapprima in parte piatta e in parte curva come un ⌂ e si trasformò in sezione elittica per avere una maggiore omogeneità nella distribuzione interna del calore.

Quando il *Siemens* perfezionò il suo forno generatore (vedi pag. 93 e 94), le fabbriche di gas lo applicarono ben presto per sostituire il riscaldamento delle storte a fuoco diretto con quello indiretto dei gas caldi del generatore. Si ebbe così un vantaggio nell'economia di combustibile e in una maggior resa di gas. Con calore insufficiente o mal distribuito, da una tonnellata di carbone si ottenevano 230 m^3 di gas, con un riscaldamento elevato sino a 1100-1200° ed omogeneo, il rendimento superava anche i 340 m.^{3} di gas.

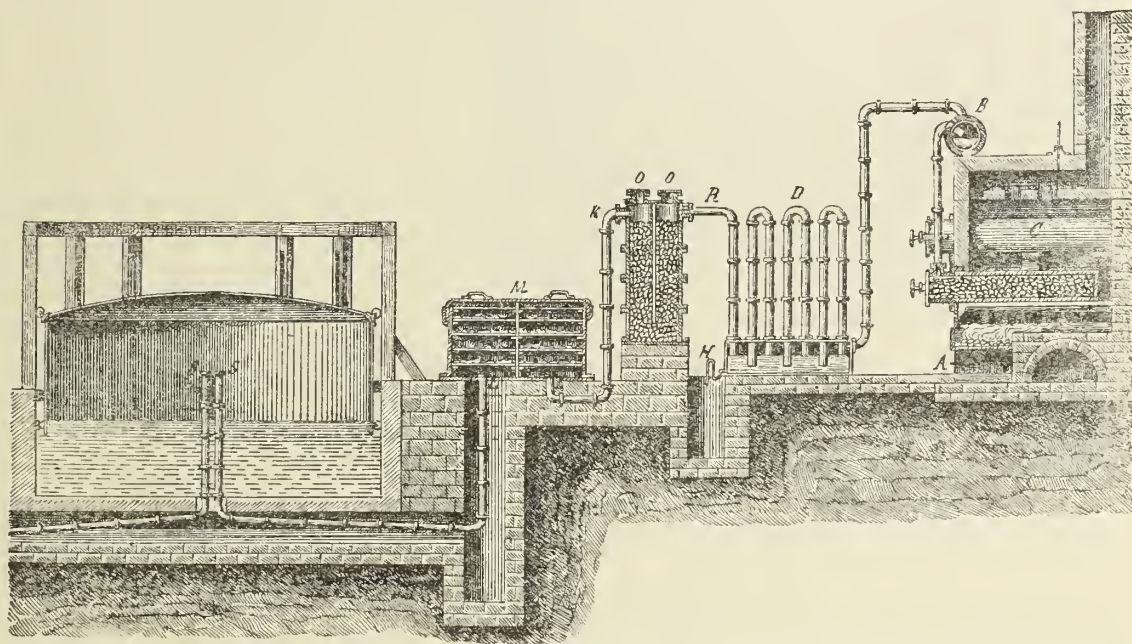
Dal 1890 vanno man mano introducendosi le storte inclinate di *Coze*, che sono chiuse alle due estremità da bocche facilmente maneggevoli e che permettono di caricare il carbone colla massima facilità dall'alto per mezzo di carrelli sospesi, e di scaricare facilmente il coke aprendo le bocche inferiori I vantaggi di questo nuovo sistema si possono dedurre dal seguente specchietto:

		Storte inclinate	Storte orizzontali
Durata della distillazione	Ore	3	4 $^1/_2$
Carica per ogni storta	Kg.	165	152
Cariche complessive eseguite in 8 ore in diverse batterie di storte.	»	112	72
Carbone distillato in 8 ore complessivamente	»	18500	11.000
Spesa di mano d'opera per 1000 Kg. di carbone	L.	1.05	1.90

Coll'estendersi dell'uso del gas, aumentarono anche le esigenze sulla sua qualità. Si richiese una elevata e ben determinata potenza luminosa che si

raggiunse mescolando al litantrace ordinario una certa porzione di altri carboni speciali bituminosi (*Cannelcoal* o *Bogheadcoal*) ricchi di idrogeno e materie volatili luminose, oppure mescolando al gas, dei vapori di benzolo, ecc.

E coll'applicazione del gas al riscaldamento e ai motori a gas si richiese una costante e determinata potenza calorifica che ordinariamente non era inferiore a 4500 colorie per m^3; si dovettero quindi opportunamente scegliere i carboni ricchi d'idrogeno, perchè l' idrogeno, bruciando, dà il più elevato sviluppo di calore (1 kg. dà 34500 calorie) in confronto di qualsiasi altro gas.

Ma le esigenze aumentavano sempre: quando il gas passò dalla strada agli appartamenti signorili, nelle sale adornate di dipinti artistici, e fregiate con stucchi e vernici di vario colore, avvenne dapprima che tutti quegli ornamenti andarono man mano annerendo, perchè contenendo essi dei composti di piombo (biacca) coll'acido solfidrico che inquinava il gas si formava del solfuro di piombo nero. In causa di questo inconveniente si dovette ricorrere ad una rigorosa purificazione del gas. Questo conteneva anche dei composti cianici, del solfuro di carbonio, e dell'anidride carbonica che ne diminuiva la potenza luminosa e calorifica. Da principio si ricorse alla purificazione con semplice calce spenta, la quale fissava bensì queste impurità, ma quando vi era un

Schema di una fabbrica di gas illuminante dopo la metà del secolo XIX; *C*, storte orizzontali; *B*, bariletto per separazione del catrame; *D*, tubi pel raffreddamento del gas; *O*, torri di lavaggio (*Scrubber*); *M*, cassoni contenenti la miscela Laming per purificare il gas; *G*, gasometro a campana semplice.

eccesso di acido carbonico, questo decomponeva nuovamente i composti solforati sviluppando acido solfidrico; la calce esaurita formava poi una massa ingombrante e puzzolente.

Il problema fu felicemente risolto nel 1847 da *Laming* il quale preparò una miscela di vitriolo di ferro, calce spenta e segatura di legno lasciandola ossidare all'aria per trasformarne il solfato di ferro in solfato di calcio e idrato di ferro; è precisamente quest'ultimo che fissa stabilmente l'acido solfidrico, i solfuri, i cianuri e i solfocianuri. Quando la miscela Laming è satura (esaurita)

si può facilmente rigenerarla in tutta la sua attività esponendola e rimescolandola in contatto dell'aria, o come si fa oggi, facendola attraversare dal gas al quale si è aggiunto un po' di ossigeno: il solfuro di ferro rigenera allora l'idrato e si separa dal solfo tal quale. La massa si rinnova soltanto quando si è molto arricchita di solfo, di cianuro e solfocianuro di ferro, ed allora viene ancora utilizzata in certe fabbriche per estrarne il solfo con solfuro di carbonio, in certe altre per preparare il ferrocianuro di calcio e di potassio (*prussiato giallo*).

I continui miglioramenti tecnici nella fabbricazione del gas ne fecero diminuire il prezzo e ne estesero immensamente il consumo. Solo in Italia nel 1898 le diverse officine produssero 193 milioni di m^3. di gas e nel 1902 la produzione in 186 officine raggiunse i 211 milioni di m^3. La città di Milano nel 1904 consumò 44 milioni di m.^{3} di gas, mentre Parigi arrivò a 350 milioni. Dato un così elevato consumo, diveniva importante nelle grandi città, il provvedersi di serbatoi grandissimi per raccogliere tali enormi quantità di gas. Ai primordi di quest'industria si era pensato di comprimere il gas stesso per poterlo trasportare in piccoli serbatoi anche nei piccoli centri, ma colla compressione alcuni componenti si liquefacevano e la composizione del gas rimaneva alterata; poi le spese per questa operazione erano troppo elevate e allora si raccolse dovunque il gas in gasometri di legno, prima, e di ferro poi. Questi costosi serbatoi acquistarono man mano delle proporzioni sempre più grandiose e oggi a Milano per es. si hanno gasometri con un volume che arriva sino ai 26.000 m^3.

La casa Krupp per le proprie officine ha costruito un gasometro di 37000 m^3. Il gasometro più grande di Berlino misura 80.000 m^3, quello di Chicago 120,000 m^3; Londra nel 1888 ne costruì uno di 230.000 m^3 e nel 1892 un altro di 345.000 m^3. Per economizzare nella spesa e nello spazio si dovette abbandonare il concetto dei gasometri a campana semplice e oggi dovunque si costruiscono i cosidetti *gasometri a telescopio*, formati da più campane innestate una dentro nell'altra e sollevantesi successivamente, man mano che aumenta il volume del gas in modo da sovrapporsi l'una all'altra e formando reciprocamente chiusura idraulica per la perfetta tenuta. Il gasometro grande di Londra ha una base di 95 metri di diametro e le 6 campane che lo compogono si innalzano lentamente allungandosi, come avviene per le diverse parti d'un tubo di cannocchiale.

Ad onta della grande capacità di questi gasometri non è possibile raccogliere una scorta di gas sufficiente neanche per una settimana di consumo. Infatti nei diversi scioperi verificatisi in questi ultimi anni si è constatato che sospendendo il lavoro nelle officine del gas, dopo due o tre giorni le città sono messe all'oscuro. E d'altra parte sarebbe enormemente costoso il costruire dei gasometri per una scorta rilevante; dei due mali si preferisce il minore... quello di lasciar al buio ogni tanto i cittadini!

*
* *

Se l'industria del gas illuminante potè procedere trionfalmente ed indisturbata sin quasi agli ultimi lustri del secolo XIX, non poteva però eternamente sottrarsi alla legge storica del progresso che tutto invade, e incalza

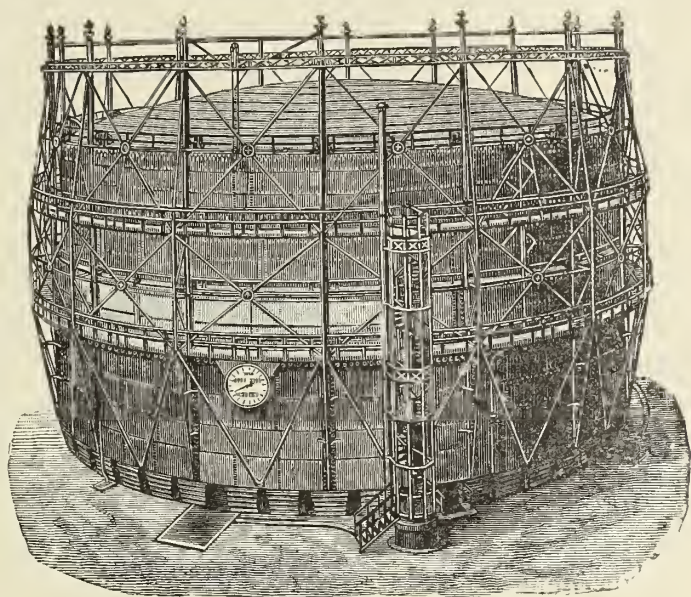
l'organismo fisiologico come quello industriale, ad uno sviluppo sempre più grande sino a raggiungere l'apogeo per poi esaurirsi e sparire e lasciar posto ad altri organismi nuovi e più perfetti.

Anche pel gas illuminante spuntò baldanzoso il competitore. L'illuminazione elettrica infatti dopo il 1885 cominciò a minacciare seriamente la vecchia industria del gas. Troppi erano i vantaggi che l'incandescenza elettrica e la luce ad arco presentavano sul gas di carbone, per non prevederne la rapida sostituzione, col probabile travolgimento disastroso di tanti interessi ancor legati a quell'industria. Ma la rassegnazione entrò anche presso i più interessati, i quali ormai non chiedevano altro che di prolungare l'agonia per dare meno disonorante sepoltura a quel gas che pur tanti benefici aveva arrecato, cooperando come fattore di progresso e di civiltà, a fugare le tenebre del medioevo.

Moderno gasometro telescopio.

Anche le leggi più importanti hanno però delle eccezioni, e se quelle storiche sono inesorabili e fatali, il genio umano può oggi rallentarne e eccelerarne il corso; in ciò sta forse la più spiccata differenza fra l'uomo civile ed il selvaggio, fra i popoli progrediti e quelli arretrati!

La chimica una volta ancora rendeva un grande servigio all'umanità. Nel 1880 *Auer von Welsbach* — basandosi su osservazioni già fatte da *Berzelius* prima, da *Caron* (1868) e da *Tessié de Mothay* poi, che cioè il *zircone* (silicato di zirconio) emana una luce bianca più di quella della calce nella luce Drummond, quando viene fortemente scaldato —, trovò che l'*ossido di torio* emana una luce bianca molto intensa a una temperatura ancor più bassa di quella del zircone e molto più bassa di quella della luce Drummond, ottenuta colla fiamma ossidrica. Bastava una semplice lampada comune a gas per rendere incandescente l'ossido di torio. L'Auer ottenne le sue reticelle incandescenti, imbevendo un tessuto a maglia di cotone con una soluzione concentrata di nitrato di torio e bruciando, dopo essiccamento, il cotone per avere in sua vece uno scheletro minerale della stessa forma che viene mantenuto rigido sino al momento dell'uso imbevendolo di collodio. Oggi per ottenere uno scheletro non troppo fragile, anche durante la combustione, si son fatte le reticelle con fili di seta artificiale, in sostituzione delle maglie di cotone, e così divenne possibile altresì il loro uso nell'illuminazione dei treni. La causa della grande luminosità delle reticelle Auer è dovuta a delle impurità o a delle miscele di cerio contenute nel torio, perchè l'ossido di torio puro per se stesso non dà una luce così intensa, ma bastano tracce di cerio (ordi-

nariamente 1-2 %), per elevare notevolmente la potenza luminosa. Qui siamo di fronte ad un'altro interessante fenomeno catalitico (vedi pag. 53 e 144) dove le tracce di cerio agirebbero da catalizzatore accelerando notevolmente la combustione del gas, elevando fortemente la temperatura della reticella in confronto della temperatura di combustione ordinaria e rendendo così più luminoso anche l'ossido di torio, che altrimenti non darebbe una luce così viva ed intensa.

Oggi si può ottenere la stessa potenza luminosa dei comuni becchi a gas (a farfalla), consumando 6 volte meno di gas quando si usano le reticelle incandescenti.

E così quando stava per esser pronunciata la sentenza di morte per l'industria del gas illuminante, questa invece sorgeva a nuova vita, più rigogliosa di prima, producendo una bellissima luce di costo quasi 7 volte inferiore a quello della comune luce elettrica incandescente e sovente più conveniente della stessa luce ad arco.

La lotta dunque ha ripreso più accanita che mai fra le due meravigliose sorgenti di luce e — ad onta che ultimamente il *Nernst* abbia preparato una nuova lampada ad incandescenza elettrica, rendendo conduttore, a caldo, un filo di magnesio, di zirconio o di cerio, sino a produrre una intensa e splendida luce bianca — non sarà così facile prevedere a chi resterà la vittoria definitiva. Qualunque sia l'esito, l'umanità ritrarrà sempre un beneficio da queste gare della scienza pel progresso! Intanto più che mai aumenta contemporaneamente il consumo dell'elettricità e del gas, e mentre da una parte vediamo trasformare le cascate d'acqua in energia elettrica, dall'altra osserviamo che man mano che diventa più difficile o più costoso il portare questa energia nei grandi centri industriali, il gas può vantaggiosamente concorrere coi perfezionati e moderni motori, che oggi dànno il cavallo ora con meno di 700 litri di gas, mentre ancora alcuni anni addietro ne richiedevano sino 1400 litri.

*
* *

Prima di parlare di un altro importante carattere dell'industria chimica moderna, quello cioè dell'utilizzazione di tutti i cascami o capi-morti dell'industria stessa, vogliamo accennare fuggevolmente ad altre sorgenti di gas illuminante.

In certe località vicino a Baku e specialmente nell'America del Nord e in piccola quantità anche in Italia a Pietra Mala (Bologna) a Salsomaggiore, si hanno delle *emanazioni naturali di gas*, che escono dal terreno insieme ad acqua od a petrolio. Questi gas sono costituiti in preponderanza di metano (o gas delle paludi, fino al 95 %) e bruciano con fiamma non molto luminosa, ma alquanto calorifica e in America si utilizzavano già sin dal 1821. A *Pittsburg* si scoprirono nel 1882 delle abbondantissime sorgenti di gas che vennero subito utilizzate per l'illuminazione, arricchendole con vapori che bruciano dando molta luce, o meglio utilizzandole come forza motrice e per riscaldamento. Questi gas si ottengono trivellando dei pozzi nel terreno e vengono raccolti in gasometri e condotti con lunghissimi canali, attraverso

monti e valli, sino a lontane città. Nel 1901 in queste officine a gas si erano già investiti degli enormi capitali, per 210 milioni di lire, impiegando oltre 2500 operai. Il terreno occupato dalle officine a gas è di 16000 ettari, il gas vien distribuito in 4000 km. di tubazioni. I 4 miliardi di m^3 di gas estratto nel 1900 rapportarono 100 milioni di lire, dando energia e luce a 500 stabilimenti ed a 40.000 abitazioni.

Quando queste preziose sorgenti vengono scoperte, sorgono in breve tempo attorno ad esse degli stabilimenti che le sfruttano e le utilizzano nel modo più razionale. In seguito sorgono successivamente le abitazioni, che vanno moltiplicandosi man mano che i lavori progrediscono e la nuova industria si sviluppa, prendendo spesso proporzioni di villaggi e di città, ove prima non v'era che solitudine deserta.

Talvolta poi avviene che le sorgenti sfruttate si esauriscono, allora i nuovi paesi formati di recente, si vedono abbandonati a poco a poco dagli abitanti che vanno altrove a cercar lavoro e sussistenza.

*
* *

L'industria moderna, sempre più incalzata dalla sfrenata concorrenza che regola il mercato dei prodotti commerciali, ha dovuto preparare anche altri gas più economici del comune gas illuminante e più comodi da fabbricarsi sul luogo stesso di consumo. Il *gas d'acqua* infatti formato da circa 40 % di ossido di carbonio e 48 % di idrogeno, è ottenuto facendo arrivare del vapor d'acqua sul carbone rovente.

In altri casi, pel riscaldamento e pei motori, si usò il *gas d'aria* o *gas Siemens* facendo arrivare una corrente d'aria e pochissima acqua polverizzata sopra un eccesso di carbone rovente in modo da formare un gas con 30 % circa di ossido di carbonio e pochissimo idrogeno.

Finalmente si preparò il *gas povero* o *gas Dowson* che ha una costituzione intermedia fra i due ultimi gas ricordati (circa 30 % di ossido di carbonio e 15 % di idrogeno) e si ottiene facendo arrivare una corrente di vapor d'acqua surriscaldato e una corrente d'aria sul carbone rovente.

Abbiamo voluto semplicemente ricordare questi gas perchè hanno prodotto una piccola rivoluzione nella produzione di energia e in molti casi hanno spostato vantaggiosamente nei paesi poveri di carbone come il nostro, i motori a vapore.

Vogliamo ora accennare ad un altro gas, che si ottiene nella distillazione secca del legno (*gas Richè*), perchè su quest'industria se ne imperniano alcune altre per l'utilizzazione razionale dei prodotti secondari che ne risultano (alcool metilico, acido acetico, catrame, carbone di legno ecc.).

Il principio su cui si basa la distillazione del legno è il medesimo della distillazione del carbon fossile e analoghi sono gli apparati usati, ma i prodotti che si ottengono sono un po' differenti: invece d'acque ammoniacali colle quali si prepara poi il solfato ammonico (v. pag. 87), qui si ottengono delle acque acide dalle quali per distillazione si separa dell'*alcool metilico* (*spirito di legno*, circa 0,5 %), poi dell'*acetone* e più ancora dell'*acido acetico* (*acido pirolegnoso*, circa 5 %), e mentre là si ha del coke duro (circa il 70 % del litantrace

distillato), qui si ottiene del carbone dolce di legna (circa il 25 %). Nell'un caso e nell'altro si ottiene del catrame (dal 6 all'8 %) di natura diversa, come diversa è la composizione del gas che si produce nella distillazione del litantrace o del legno. Per quest'ultimo esso risulta formato in preponderanza di anidride carbonica (circa il 60 %), di ossido di carbonio (circa il 25 %), di metano (15 %) e minime quantità d'idrogeno. Questo gas viene utilizzato pel riscaldamento delle storte stesse della distillazione, ovvero può servire per motori e per illuminazione.

Se la distillazione del legno era già stata in parte studiata da Glauber sin dal 1658, l' utilizzazione e la lavorazione dei prodotti secondari che ne risultano, è invece il portato degli studî e delle esperienze della seconda metà del secolo XIX. Oggi ha ormai raggiunto una tale importanza che sarebbe impossibile seguire questa nuova industria nei suoi dettagli senza sorpassare limiti che ci sono concessi in questo genere di pubblicazione.

Ricorderemo però che oggi quasi tutto l'acido acetico, si ottiene dalla distillazione del legno. La sola *Badische Anilin und Soda-Fabrik* di Ludwigshafen consuma annualmente più di 2 milioni di kg. di acido acetico glaciale (corrispondenti ad oltre 100.000 $m.^3$ di legno), nella preparazione dell'indaco sintetico. — L'Italia importa ancora dall'estero circa 10.000 Q. di acido acetico di varie concentrazioni. La nazione che distilla maggior quantità di legno è la Svezia, che ha ancora dei boschi vergini immensi.

Nell'industria della lavorazione del carbone e del legno si ottiene il catrame come prodotto secondario e da questa sostanza, apparentemente di nessun valore, prendono invece origine delle importantissime industrie di prodotti organici, come sarebbero i colori artificiali, gli alcaloidi, i profumi, ecc., di cui parleremo più innanzi.

Vogliamo intanto completare la storia dell'industria dei combustibili e delle sostanze illuminanti soffermandoci un istante sull'industria del petrolio.

*
* *

Industria del petrolio. Questo prodotto, conosciuto sin dalla più remota antichità, ha cominciato ad acquistare importanza industriale solo al principio del secolo XIX, quando dovunque si presentava urgente il problema della pubblica illuminazione. Il petrolio contrastò a lungo l'applicazione del gas illuminante e quando alla fine dovette cedere il posto nelle grandi città, si rifugiò nelle campagne e nelle abitazioni private disputando al gas il suo invadente imperio palmo per palmo. Ma fu soppiantato. Quando non potè più essere applicato come fonte di luce, diede calore e poi energia meccanica cercando sbocchi sempre nuovi e sempre più importanti. Nell'ultimo quarto del secolo XIX l'industria del petrolio ha avuto un impulso insperato dalla razionale utilizzazione dei capi morti che abbondantissimi andavano perduti e oggi invece vengono impiegati come preziosi lubrificanti dovunque havvi una macchina in moto od una puleggia che gira. E dai residui dei residui si avevano le bianche paraffine e vaselline usate in altre industrie e in farmacia. La marcia trionfale del petrolio non si è ancora rallentata e gli orizzonti del suo avvenire non sono forse ancor tutti dischiusi.

Il liquido cristallino dai bei riflessi azzurrognoli vellutati che abbiam visto per tanti anni bruciare nelle nostre lampade, non sgorga così liquido e puro dal terreno. La fontana della *Grande Ermenia*, visitata 600 anni fa da Marco Polo . . . *dalla quale surge tanto olio con tanta abbondanza che cento navi se ne caricherebbero alla volta, ma che non è buono da mangiare, ma sì da ardere, è buono da rogna e ad altre cose e vengono gli uomini molto dalla lunga per quest'olio, e per tutta quella contrada non s'arde altro olio* . . . .

Ebbene quell'olio era un liquido nerastro, talvolta viscido e puzzolente e tale si sprigiona ancor oggi dalle migliaia di pozzi che l'industria moderna ha scavato per utilizzarlo.

La nafta od *olio minerale*, o petrolio greggio, si trova molto sparso sulla terra, ma molto abbondante lo si ha in Russia, nell'America del Nord, e in Galizia. Proviene dalle stratificazioni geologiche dell'epoca terziaria ed anche da epoche anteriori. In alcuni punti sgorga spontaneo alla superficie della terra, attraverso rocce porose, ma quando non trova uno sfogo si accumula sotto pressione in grandi borse della crosta terrestre, e allorquando si giunge ad esse colle trivellature indagatrici, si sprigiona con violenza, formando una fontana a getto altissimo.

Pozzi di petrolio presso Pitolle.

Il petrolio è costituito da idrocarburi (vedi pag. 29 e seg.) più o meno volatili. Sulla sua origine si fecero delle ipotesi che non è qui il caso di discutere dettagliatamente. Il *Berthelot* (1866) il *Byasson* (1871), il *Mendelejeff* e il *Cloez* (1877) e finalmente il *Moissan* ed il *Ross* (nel 1891) ammettono tutti che il petrolio abbia avuto origine inorganica, cioè da gas e minerali, sotto l'azione di temperature e di pressioni molto elevate. Più probabilmente secondo questi scienziati sarebbe stato l'acetilene — proveniente dall'azione dell' acqua sopra immensi strati di carburi, che il Moissan ammette esistere nella crosta terrestre — che in contatto di metalli finamente suddivisi, avrebbe dato origine al petrolio; e infatti nel 1902 il *Sabatier* e il *Senderens* avrebbero ottenuto in laboratorio del petrolio facendo passare una corrente di idrogeno e acetilene sopra del nichel finamente suddiviso e scaldato in un tubo alla temperatura di 200°. Il liquido che pur si condensa è giallo, fluorescente ed ha tutti i caratteri dei petroli americani rettificati. Se la corrente dei gas è molto rapida, il nichel si arroventa e il liquido condensato è nerastro e rossastro per trasparenza e ha l'odore ed i caratteri dei petroli greggi del Caucaso e di Galizia.

Per quanto sia interessante questa esperienza e ingegnosa la spiegazione dell'origine del petrolio, la maggior parte degli scienziati ha oggi abbandonata l'ipotesi dell'origine inorganica sintetica, perchè quasi tutti i petroli sono otticamente attivi ed è ormai legge indiscussa che per sintesi chimica non si possono ottenere direttamente composti chimici che deviano il piano della luce polarizzata. Il *Rakousine* però nel 1905, pur ammettendo che il petrolio abbia preponderantemente origine organica, non esclude, in senso assoluto, che in alcuni casi, quando non si riscontra l'attività ottica, esso abbia avuto origine inorganica. Con questa interpretazione più larga si spiegherebbe meglio la diversa natura degli idrocarburi che costituiscono e differenziano chimicamente i petroli che si trovarono nelle diverse nazioni. Si hanno difatti petroli (quelli americani) che contengono in preponderanza idrocarburi saturi della serie del metano; petroli che contengono abbondanti idrocarburi non saturi della serie dell'etilene (p. es. quelli di Birmania e di California) e finalmente petroli che contengono in preponderanza idrocarburi ciclici e cioè idruri di benzene (vedi pag. 31) ai quali venne dato il nome generico di *nafteni;* tali sono i petroli di Baku e quelli di Galizia.

La maggior parte dai geologi e chimici ammette oggi che il petrolio abbia avuto origine dalla decomposizione di sostanze organiche, benchè non sia ancor bene dimostrato se queste appartenevano al regno vegetale od animale.

L'*Engler* riuscì a preparare del petrolio distillando dell'olio di pesce con una pressione di 4-10 atmosfere, e però è più probabile che in natura il petrolio si sia formato a temperatura bassa per la decomposizione lenta dei residui organici, durante migliaia e migliaia d'anni. Si obbiettò che troppo importanti depositi di resti animali bisognerebbe immaginare per spiegare l'origine delle immense quantità di petrolio che ogni anno si ricavano dal sottosuolo, mentre nello stesso fondo dei mari i pesci morti avrebbero piuttosto servito d'alimento ai sopravviventi che alla formazione dei giacimenti paleontologici. Però è facile immaginare che se sul fondo del mare si accumulassero durante 2500 anni tanti cadaveri di pesci, quante aringhe si pescano annualmente sulle coste dei mari nordici e quante sardine si raccolgono ogni anno dai pescatori francesi, sarebbe facilmente spiegabile la enorme quantità di petrolio che ricava da parecchi lustri tanto la Russia quanto l'America (1). E che quegli immensi cimiteri di pesci non possano venire devastati dalle iene di mare, lo si può oggi dimostrare in modo evidente. Nel mar Nero infatti si è trovato che dopo una certa profondità vi è tanto acido solfidrico disciolto — proveniente forse dalla decomposizione degli albuminoidi dei pesci già morti — da essere istantaneamenre micidiale per tutti i pesci che si arrischiano sino a quegli strati. Per tal modo va aumentandosi il deposito dei cadaveri giacenti nelle profondità, i quali lentamente si decompongono sotto l'azione dell'acqua di mare, della pressione e della temperatura e forse

(1) In Italia nel 1900 si pescarono 63.000 tonn. di pesce, pel valore di circa 20 milioni di lire, in Francia oltre 300.000 tonn., in Inghilterra circa 1 milione di tonn.; in Germania nel 1902 si pescarono 31.000 tonn. di sole aringhe; in Giappone nel 1901 dalla pesca si ricavarono oltre 140 milioni di lire. Il consumo mondiale del petrolio raggiunse nel 1904 i 29 milioni di tonn.

anche di microrganismi non ancor bene definiti. Quasi tutti i petroli, quando sgorgano dai terreni, sono accompagnati da acque salse e ciò sarebbe in appoggio all'ipotesi ora esposta.

*
* *

Prima del secolo XIX i processi per ottenere il petrolio — se si esclude la Cina che da tempo immemore usava pozzi artesiani — erano molto rudimentali e generalmente si riducevano a separare il petrolio alla superficie dei corsi d'acqua che avevano attraversato dei terreni petroliferi. Più tardi in questi terreni si scavarono dei pozzi larghi e poco profondi, dove il petrolio si accumulava e veniva messo poi in botti per la spedizione.

Incendio d'una raffineria di petrolio causato dallo sviluppo d'un fulmine.

La prima perforazione con trivellatura nel secolo XIX è stata fatta per caso a Titusville in Pensilvania nel 1859. Si voleva scavare un pozzo artesiano per ottenere acqua potabile dal sottosuolo, ma quando si giunse a 22 metri di profondità, si sprigionò fra la sorpresa generale, un getto continuo di petrolio, che per parecchi giorni fornì quotidianamente 4000 litri di petrolio, ma poi diminuì e alla fine scomparve. Da quel giorno datano le febbrili ricerche degli americani per scoprire giacimenti di questo prezioso liquido. Il parossismo a cui giunsero i cercatori di petrolio non aveva riscontro che nell'avida smania dei cercatori d'oro così numerosi in America.

Ogni palmo di terreno della Pensilvania fu saggiato e perforato dai più strani avventurieri, parte dei quali riuscì davvero a scoprire dei veri tesori e parte invece sacrificò ogni avere e talvolta anche la vita inutilmente. Nel 1861 in Pensilvania si contavano ben 2000 *derrik* di perforazione (incastellature in legno per manovrare le trivelle perforatrici dei pozzi) impiantati a casaccio pur di far presto e d'arrivare prima!

Molto petrolio andò anche perduto, perchè non si riusciva ad incanalarlo quando violentemente sgorgava improvviso dal terreno e sovente si incendiava per imperizia di lavorazione. Alcuni pozzi davano sino 500.000 litri di petrolio al giorno, una vera fortuna.

Passato il fanatismo, la ragione restò ai capitalisti più potenti che con calma e col concorso di tecnici distinti riuscirono ad iniziare una vera grande industria, fra le più meravigliose dell'epoca moderna. Nel 1872 un gruppo di capitalisti con alla testa *J. D. Rockefeller* costituì la *Standard-Oil-Company*

che poco per volta si trasformò in un vero trust con un capitale di circa 450 milioni di lire, per monopolizzare il commercio di tutto il petrolio Americano. Nel 1900 questo colosso industriale e finanziario dava ai suoi azionisti un dividendo annuale di 250 milioni di lire! Altre potenti società sorsero a sfruttare anche i giacimenti della Virginia e della California, e tutti conoscono la potenza e l'importanza delle *Vacuum-Oil-Company* e i tentativi fatti dai sindacati americani per rendersi padroni della produzione mondiale del petrolio, accordandosi coi sindacati europei dei petroli del Caucaso.

In Russia le sorgenti più importanti erano quelle dei dintorni di Baku che nel 1820 erano state dichiarate di proprietà dello stato. Il governo poi le concedeva a degli appaltatori che le sfruttarono molto irrazionalmente sino al 1872. Nel 1873 il governo si decise di affidare quest'industria all'iniziativa privata e mise all'asta le sorgenti e i terreni petroliferi più importanti; riservandosi però di tassare il petrolio estratto, il che impedì ancora lo sviluppo di quest'industria, che in America invece aveva già fatto prodigi. Nel 1867 finalmente il Governo russo rinunciò ad ogni prelevamento di tassa e da quell'epoca data l'inizio della grande industria petrolifera del Caucaso. I capitali affluirono da tutte le parti d'Europa e le grandiose officine del Nobel e dei Rotschild sorsero come d'incanto per raffinare le migliaia e i milioni di barili di petrolio che annualmente dai pozzi di quelle regioni si fanno scaturire.

Nel 1891 a Balakani un pozzo profondo 270 m. diede un getto ininterrotto di 3276 tonn. di petrolio in 24 ore coprendo contemporaneamente tutto il vicinato di sabbia, espulsa insieme al liquido. Nel 1892, poco lontano da quella località, un pozzo della Società Nobel produsse sino 13.000 tonn. di petrolio al giorno. Nel Febbraio 1893 a Romany, presso Baku, da un pozzo sgorgò un getto che per parecchie settimane diede 10.000 tonn. di petrolio al giorno; all'inizio il getto uscì con tale violenza che l'aria tutt'intorno ne rimase così scossa, da sfondare le finestre delle abitazioni vicine e per ben cinque settimane non si riuscì ad incanalare quella immensa e meravigliosa fontana, causando così la perdita di oltre 250.000 tonn. di petrolio:

Questi getti prodigiosi sono però delle eccezioni e tuttavia anche i pozzi minori vengono abbandonati quando rendono meno di 5 tonn. di petrolio nelle 24 ore.

*
* *

La lavorazione e raffinazione del petrolio greggio è semplice ed imponente, per le masse enormi che si debbono manipolare. Dai pozzi di raccoglimento, per mezzo di canali e meglio ancora per mezzo di tubazioni lunghissime che attraversano fiumi, valli e monti, passa agli stabilimenti che lo sottopongono a distillazione frazionata (1), come aveva proposto sin dal 1854 il *Sillman*, per cavarne dapprima i gas e le benzine leggere che costituirebbero un grave pericolo d'incendio e d'esplosione pel petrolio destinato all'illuminazione, perchè quei vapori che si sviluppano a temperature molto basse,

(1) La *Standard-Oil-Company* nel 1905 iniziò la costruzione di una seconda tubazione per unire Kausas City (centro della lavorazione) colla costa. La distanza è di circa 1700 miglia, la tubazione costerà quasi 22 milioni di lire e servirà a trasportare giornalmente da 10 a 15.000 barili di petrolio (1 barile = 159 litri = 145 kg.).

formano coll'aria delle miscele tonanti. Invece se condensati a parte costituiscono le gasoline, le benzine e le ligroine ordinarie che hanno impiego corrente in varie industrie.

Dopo eliminati questi prodotti volatili, mediante riscaldamento in apposite grandi caldaie della capacità sino di 4000 Hl. si eleva la temperatura ai 150-200° e allora si comincia a distillare il petrolio per illuminazione. A seconda della qualità si tengono separate le porzioni che distillano fra i 150 e 300°. I prodotti che rimangono poi nelle caldaie formano i cosidetti olii pesanti minerali, dai quali si separano le paraffine e le vaselline solide, mediante forte raffreddamento, mentre la parte liquida densa, dopo opportuna purificazione, viene usata in grandi quantità come materia prima per tutti i lubrificanti usati oggi nelle più svariate industrie. Il riscaldamento delle caldaie si fa con petrolio greggio e meglio ancora cogli ultimi residui della lavorazione dello stesso petrolio e che altrimenti andrebbero perduti.

Il petrolio per illuminazione ottenuto in questo modo, per semplice distillazione non è ancora abbastanza puro, brucia male e dà dei cattivi odori, perciò viene sottoposto a speciale raffinazione. Nella *Città nera*, presso Baku si contano più di 200 raffinerie che lavorano tutto il petrolio della regione. La vera raffinazione chimica venne iniziata da *Eichler* a Baku nel 1865 e si ottiene trattando prima il petrolio con 2-3 % di acido solforico concentrato e mescolando intimamente i due liquidi mediante iniettori d'aria. Dopo alcune ore di riposo si separa l'acido solforico e si lava il petrolio con acqua, si decanta nuovamente e si tratta con una soluzione concentrata di soda caustica. In ultimo, dopo separata la soda caustica, si fa un lavaggio a fondo con acqua e dopo un prolungato riposo, rimane un petrolio limpido, incoloro e pronto pel commercio.

*
* *

La produzione del petrolio è andata aumentando in modo sorprendente ad onta dal crescente sviluppo dell'industria del gas e di quella dell'energia elettrica. Ecco infatti alcune cifre che illustrano questo fatto per le due regioni maggiori produttrici di petrolio:

		Caucaso (Russia)	Stati Uniti d'America
Nel 1874	Tonn.	100.000	1.500.000
» 1884	»	1.500 000	3 400 000
» 1894	»	5.000.000	7.000.000
» 1903	»	9.902.000	13.160 000

La produzione mondiale complessiva nel 1894 era di circa 12 milioni di tonn. e nel 1904 salì a circa 29 milioni di tonn. Alla produzione mondiale del petrolio greggio del 1903 le diverse nazioni vi parteciparono nelle seguenti proporzioni:

Stati Uniti d'America	13.160.000	tonn.
Russia	9.902.000	»
India olandese	870.000	»
Galizia	728.000	»
Rumenia	381.000	»
Indie inglesi	329.000	
Giappone	126.000	»
Germania	58.000	»
Italia	3.000	»
Varii altri paesi insieme	79.000	»

La nazione che consuma più petrolio dopo gli Stati Uniti e la Russia è la Germania, che nel 1904 ne adoperò 970600 tonn. per illuminazione, 143000 tonn. per olii lubrificanti e 110000 tonn. per vari altri usi.

L'Italia nel 1904 ne importò 69233 tonn. pel valore di quasi 14 milioni di lire.

Il consumo del petrolio per illuminazione è distribuito in proporzione diversa della produzione nelle singole nazioni, come si può rilevare dal seguente specchietto che dà anche il consumo medio annuo per abitante nel 1904.

		Consumo complessivo	Consumo per ab. in Kg.
Stati Uniti d'America	tonn.	2 016.700	25.21
Germania	»	970 600	16.72
Inghilterra.	»	520.933	11.84
Francia	»	312 210	8.22
Russia (con 140 mil. di ab.). . .	»	1.050.787	7.51
Giappone	»	299.370	6.65
Rumenia	»	27.025	4.50
Austria-Ungheria	»	215.546	4 31
Italia	»	73.000	2.21
India (con 300 mil. di ab.) . . .	»	503.930	1.70
China (con 300 mil. di ab.). . .	»	254.464	0.85

Il trasporto del petrolio per grandi partite si faceva una volta tutto in barili di legno, oggi si fa esclusivamente in vagoni serbatoi o con bastimenti appositi che sono dei veri serbatoi ambulanti.

Industria del catrame.

Nel capitolo sulla lavorazione chimica dei combustibili (legno, carbone, lignite, ecc.), abbiamo accennato alle notevoli quantità di catrame che si formano. Questo prodotto è una massa nera, densa, puzzolente. che sino al principio del secolo XIX rimase senza alcuna applicazione, anzi era talmente ingombrante e di così difficile smaltimento che giunse a compromettere l'esistenza dell'industria stessa che lo produceva.

Nel 1834 a Manchester sorse il primo stabilimento importante che tentò di utilizzare in qualche modo il catrame, riscaldandolo in storte di ferro, utilizzando in parte i liquidi distillati e adoperando la massa nera solida rimasta (pece) per fare certe vernici nere. Più tardi troviamo un primo brevetto di *Bethell*, nel quale è indicato il modo di trarre miglior profitto dai liquidi distillati dal catrame, separando da essi un *olio di creosoto*, che veniva impiegato per impregnare il legname d'opera onde meglio preservarlo da qualsiasi alterazione.

I liquidi più volatili ottenuti distillando il catrame vennero poi utilizzati nell'illuminazione e parte servirono per la smacchiatura dei tessuti.

Dai liquidi più volatili, si è potuto più tardi separare abbondanti quantità di benzolo che vennero in seguito usate per preparare la nitrobenzina in sostituzione dell'essenza naturale di mirbano.

Colla scoperta dei colori d'anilina si aprì una nuova êra per l'industria del catrame, perchè i suoi prodotti di distillazione divennero poi le materie prime indispensabili e ricercate di quel ramo della grande industria chimica, che ben presto doveva contare fra le più importanti. Ed allora gli immensi depositi di catrame che s'erano accumulati durante tanti anni, ven-

nero in breve tempo esauriti e la richiesta andò aumentando man mano che l'industria dei colori d'anilina si sviluppava, sino ad assorbire tutta la produzione di catrame proveniente dalle fabbriche di gas illuminante.

Anzi, coi perfezionamenti introdotti in quest'ultime fabbriche, dopo il 1880 — quando cioè si spinse la temperatura di distillazione del carbone sino a 1200° per avere maggior resa di gas (circa 1/3 di più) — diminuì notevolmente il rendimento in catrame e questo divenne anche più povero nei prodotti più volatili, che erano precisamente quelli più ricercati dai fabbricanti di materie coloranti. Si ebbe allora una crisi in questa industria pel prezzo elevato a cui erano saliti i prodotti di distillazione del catrame e per la loro insufficienza.

Tintura a mano primitiva.

Era indispensabile una nuova ed abbondante sorgente di catrame e questa fu ben tosto trovata nelle fabbriche del coke metallurgico. Si perfezionarono dapprima i forni per poter ricuperare tutti i prodotti volatili della distillazione che pel passato andavano perduti. Si cominciò col separare da essi il catrame e l'ammoniaca abbruciando i restanti gas nei forni generatori che servivano alla distillazione del carbone. Oggi invece da quei gas di distillazione si separano anche, prima di bruciarli, delle notevoli quantità di benzolo mediante raffreddamento o gorgogliamento attraverso degli olii pesanti, dai quali si ricupera poi ancora tutto il benzolo col riscaldamento.

Generalmente il catrame non viene lavorato direttamente dalle fabbriche di materie coloranti, e perciò sorsero appositi stabilimenti per la distillazione di questo prodotto e per la parziale purificazione dei suoi componenti che si ottengono separati con razionale distillazione frazionata.

Con questa lavorazione si ottengono i seguenti prodotti più importanti:

Olii leggeri: che si raccolgono sino alla temperatura di circa 170° e contengono benzolo, toluolo, xilolo ed altri idrocarburi liquidi.

Olii medi; che distillano da 180° a 240° e contengono i fenoli, cresoli e una porzione di naftalina.

Olii pesanti (o olio verde): distillano da 240° a 270° e contengono poco olio di creosoto, alquanta naftalina, poco antracene e altri olii poco studiati.

Olii d'antracene: distillano fra 270° e 310° e per ottenere il massimo rendimento, senza decomporre troppo l'antracene, quest'ultima fase della distillazione si completa con vapore surriscaldato.

Anche quest'industria ha subito, negli ultimi anni, importanti trasformazioni e notevoli perfezionamenti, per ricavare dal catrame una maggior resa nei prodotti più ricercati e per averli ad uno stato di maggiore purezza. Fu specialmente l'applicazione dei rettificatori a colonna che permise di ottenere direttamente prodotti abbastanza puri, e la distillazione nel vuoto — anche durante la rettificazione negli apparecchi a colonna — che permise d'aumentare le rese perchè si eliminavano le forti decomposizioni, coll'abbassamento del punto di ebollizione.

La purificazione delle singole frazioni viene completata trattandole prima con soluzioni alcaline per separare i fenoli e poi con soluzioni acide per separare le basi.

In questo modo dal catrame di carbon fossile si può ricavare sino 1,0 % di benzolo e 1.5 % di altri idrocarburi superiori (toluolo ecc.), poi 0,2 % di fenolo (acido fenico), circa il 5 % di naftalina e 2% circa di antracene e omologhi e fenantrene e 0,25 % di piridina e chinolina. Gli olii pesanti, poco studiati formano circa il 24 % e si usano specialmente per l'iniezione e conservazione del legno (p. es. traversine di ferrovia ecc.).

Rimane come residuo della distillazione del catrame, 55-60% di pece più o meno dura e più o meno solubile in olii pesanti coi quali (più di metà) fornisce il cosidetto catrame rigenerato. La pece in se stessa ha pure svariate applicazioni, e fra queste oggi ha preso importanza la preparazione delle mattonelle agglomerate, ottenute colle polveri e detriti di carbone, e la pavimentazione delle strade in sostituzione dell'asfalto naturale ecc.

Una volta aveva gran valore l'antracene che serviva nelle fabbriche di materie coloranti artificiali e si vendeva sino a L. 2 al Kg. ora viene usato in sua vece la naftalina, molto più economica, e così il prezzo dell'antracene scese a circa 30 centesimi, al Kg. Oggi è più rimunerativa l'utilizzazione della naftalina che si separa facilmente da quegli olii per semplice spremitura e si ottiene purissima mediante distillazione o sublimazione della naftalina greggia. Forma così una bellissima massa di squame bianchissime argentee che hanno svariate applicazioni.

La produzione mondiale di catrame ha oggi superato 1.200,000 tonn. equivalenti a ben 25 milioni di tonn. di carbon fossile distillato, e coi dati sopra citati è facile calcolare la quantità di prodotti più puri che si possono ottenere.

Le materie coloranti artificiali che si cavano da quei prodotti sorpassano in valore, i 250 milioni di lire annue; se a questi poi si aggiunge il valore di altri 150 milioni di lire di solfato ammonico, più i 27 milioni di lire di pece, di quasi 15 milioni di lire di olio di creosoto, di poco meno di 8 milioni di lire di acido fenico e finalmente di ben 170 milioni di lire del coke, si vede chiaramente come, colla trasformazione chimica di 25.000.000 di tonnellate di carbone, del valore di quasi 400 milioni di lire, si arrivi ad un complesso di prodotti il cui valore s'avvicina a 620 milioni! Se a questi 620 milioni se ne aggiungono altri 700 almeno pel gas illuminante e gas per motori che si ottiene nella distillazione del carbone, si giunge alla rispettabile somma di circa 1500 milioni di lire ricavati da 400 milioni di lire di carbone!

È pur meravigliosa e benefica l'opera della chimica che eleva e nobilita anche i prodotti più deprezzati e di rifiuto mettendoli sotto nuove forme a disposizione e a vantaggio di tutti!

*
* *

Materie coloranti artificiali. — È delle *materie coloranti organiche* che vogliamo dire qualche parola perchè provengono da un'industria giovanissima che ha saputo elevarsi rapidamente sulle più alte vette del progresso industriale, mercè l'aiuto della scienza pura.

L'industria dei *colori minerali* invece, per quanto abbia origini molto più antiche e quantunque abbia visto aumentare i bisogni dei suoi prodotti non regge al confronto con la industria dei colori del catrame. I colori minerali naturali hanno ancora un gran consumo, ma essi non bastano più alle esigenze odierne, per cui si dovettero in parte riprodurre e in parte sostituire artificialmente con altri prodotti. Al *gesso*, allo *spato pesante*, alle *argille*, alle *blende*, alla *terra d'ocra*, all'*ematite*, al *lapis lazzuli* ecc., si aggiunsero abbondantissimi: la *biacca* (ora in parte sostituita dall'ossido di zinco perchè non velenoso e perchè non annerisce colle emanazioni solfidriche), il *bianco fisso*, il *bianco di zinco*, il *minio di ferro*, vari *colori al cromo* (la cui fabbricazione occupa da sola parecchie migliaia di operai), l'*oltremare*, il *cinabro*, ecc., tutte sostanze che trovano un largo impiego specialmente nell'industria delle vernici.

Più interessante è la fabbricazione delle materie coloranti organiche artificiali, che non ha soltanto un interesse pratico, ma anche un'altissima importanza scientifica, perchè ci pone di fronte al più bell'esempio di felice connubio teorico pratico che sia mai stato registrato nella storia di tutte le scienze.

Quest'esempio fu benefico anche per tanti altri rami dell'industria moderna, perchè ha sfatato una volta per sempre la distinzione e il presunto antagonismo fra la teoria e la pratica, ed anzi ha dimostrato che solo con una illuminata e razionale interpretazione dei postulati scientifici è ancor possibile oggi il progresso industriale. Chi non comprese questa verità non potè resistere al soffio innovatore che ha sconvolto i sistemi di produzione in tutti i rami dell'umana attività. Chi tentò resistere, venne travolto e perduto e le stesse nazioni che ancor mezzo secolo fa si tenevano alla testa della civiltà, furono detronizzate dalle giovani generazioni che s'avanzarono, piene d'entusiasmo e di speranza col vessillo della scienza, sventolante liberamente.

L'avvenire sarà di chi saprà più agilmente rinnovarsi coordinando ed applicando razionalmente tutte le nuove scoperte scientifiche preparate coll'assiduo studio nei laboratori e nelle scuole. Il più bell'esempio su questa via ci è dato dalla nuova Germania.

*
* *

Per la tintura delle fibre tessili, dalla più remota antichità sino verso la metà del secolo XIX, si è sempre ed esclusivamente ricorso ai prodotti fornitici dalla natura e specialmente dal regno vegetale. E non è dai fiori, smaglianti di colori vivaci e svariati, che si ottennero — come potrebbe

sembrare — quelle materie coloranti, perchè esse si trovano ordinariamente diffuse in tutte le parti del vegetale, dalle radici alle foglie e dal legno alla corteccia.

E così si ricava il *bleu d'indaco* e il *rosso di robbia*, il *giallo di curcuma*, il *rosso d'oricello* e il *nero di campeggio*, ecc.

Anche il regno animale fornì alcuni colori, fra i quali il più pregiato era il *rosso di cocciniglia.*

Il numero dei colori però fu sempre ristretto, tanto presso i popoli barbari che presso quelli civilizzati, i quali ultimi si aiutarono formando delle ben riuscite mescolanze che permettevano di combinare svariate tinte. E però le materie coloranti che ci fornisce la natura non sono molto pure, nè è facile separarle dai vegetali nei quali si formano come prodotto secondario del fenomeno vitale, insieme ad altre impurità dalle quali non sempre si riesce a purificarle.

Ma i colori estratti dalle piante e dagli animali eran ben lontani dal riprodurre quella meravigliosa tavolozza che ci appare in primavera sullo sfondo dei tappetti verdi, nei giardini incantati della riviera ligure e in quelli affascinanti della Pepinière di Nancy e anche nei morbidi boschetti della meravigliosa Wiesbaden.

E meno ancora si poteva riprodurre neanche grossolanamente la delicata sfumatura dei colori dello spettro solare susseguentesi e confondentesi insensibilmente dal rosso al giallo e dal verde all'azzurro ed al violetto.

Spettava alla chimica il compito superbo di superare l'opera della natura ed oggi coi colori artificiali del catrame si può riprodurre una tavolozza così ricca e così delicatamente svariata, che nulla più lascia a desiderare.

Già parlammo dei prodotti che si possono estrarre dal catrame per mezzo della semplice distillazione.

Dicemmo pure come dal benzolo si fosse preparato artificialmente l'*essenza di mirbano*, che non era altro che *nitro-benzina*, da questa, il *Zinin* nel 1841, otteneva l'*anilina* mediante semplice riduzione con solfuro ammonico. Spetta però all'*Hofmann* il merito d'aver precisata la costituzione dell'anilina, quando egli si trovava ancora al *Royal College of Chemistry* in *Londra*. Nel 1856 *Perkin* assistente dell'Hofmann, riuscì a preparare la prima materia colorante artificiale organica — la *moveina* — ossidando il cloridrato d'anilina mediante bicromato potassico. Il prodotto nerastro sciolto in alcool dava una bellissima colorazione violetta e si prestava alla tintura dei tessuti. In quel frattempo Hofmann era andato a passare le vacanze di Pasqua in Germania e al suo ritorno a Londra non potè che confermare l'importante scoperta del suo assistente. E quella una data gloriosa nella storia della chimica, che segna l'inizio di una serie di scoperte le une più sorprendenti e più meravigliose delle altre.

Nel 1860 *Renard* e *Frank* in Francia ottennero la *fucsina* per semplice ossidazione, a caldo, dell'anilina. La vivacità e lo splendore della nuova materia colorante artificiale offuscò la moveina, che pur tanta ammirazione e tanto entusiasmo aveva destato.

L'interesse degli scienziati si rivolse allora ansiosamente a questo nuovo gruppo di prodotti chimici, gli uni per scrutarne la costituzione, gli altri per